Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VII. Jahrgang. **Fünftes Heft.** Juni 1894.

Beiträge zur Lehrmittelfrage.

Von
Dr. **K. Noack** in Giessen.

Es hat gewiss seinen guten Grund, wenn der Ruf nach einem Normalverzeichnis physikalischer Apparate für die höheren Schulen nicht verstummen will und andererseits die Erfüllung dieses Wunsches von Jahr zu Jahr auf sich warten lässt. Auch in dieser Zeitschrift[1]) ist vor einiger Zeit von berufener Seite wiederum auf das Bedürfnis nach einer derartigen Zusammenstellung hingewiesen und ein Weg zur Lösung der Frage gezeigt worden. Es scheint mir daher nicht unnützlich, an dieser Stelle die Gründe zu prüfen, die ein solches Normalverzeichnis wünschenswert erscheinen lassen, die Schwierigkeiten festzustellen, die sich der Verwirklichung dieses Verlangens entgegensetzen und schliesslich den Entwurf eines solchen der Erörterung der beteiligten Kreise zu unterbreiten. Im Anschluss hieran mag noch ein weiterer Vorschlag zur Lösung der so sehr wichtigen Lehrmittelfrage Platz finden.

Wenn ein Physiker längere Zeit hindurch, vielleicht Jahrzehnte lang, an derselben Anstalt gewirkt hat, so ist es unausbleiblich, dass die von ihm geleitete Sammlung ein mehr oder weniger individuelles Gepräge annimmt, in dem sich Art und Weise seines Unterrichts, seine besonderen Interessen und die ganze Auffassung seiner Aufgabe wiederspiegeln. Diese Erscheinung ist ebenso unvermeidlich als sie berechtigt ist. Findet aber gelegentlich ein Personenwechsel statt, so kann der Nachfolger in eine recht unbehagliche Lage kommen; es ist gar nicht ausgeschlossen, dass er, obwohl völlig Herr seiner Wissenschaft, mit einer ganzen Reihe schöner Dinge schlechterdings nichts anzufangen weiss, während ihm für Versuche, die nach seiner Ansicht grundlegend sind, die erforderlichen Hilfsmittel fehlen. Der geschilderte Misstand fällt aber weg, wenn der Einzelne unter dem Banne eines Normalverzeichnisses seine besonderen Bedürfnisse erst dann befriedigen kann, wenn die allgemeinen ihre Erledigung gefunden haben. Es wird eben durch eine solche Einrichtung einer misbräuchlichen Verwendung der ausgesetzten Summen wirksam vorgebeugt.

Andererseits liegen aber auch bisweilen die Verhältnisse so, dass der Fachlehrer nur nach schwerem Kampfe oder gar nicht im Stande ist, seinen berechtigten Forderungen betreffs Vervollständigung des Inventars gegenüber den ausschlaggebenden Faktoren Geltung und Erfüllung zu verschaffen. In vielen Fällen geht den leitenden Persönlichkeiten das Verständnis dafür ab, dass die Bedeutung des physikalischen Unterrichtes für die allgemeinen Unterrichtszwecke nicht einfach der Stundenzahl proportional gesetzt werden darf, und dass die Erreichung der gesteckten Ziele einen nicht unerheblichen Aufwand an experimentellen Mitteln fordert. In einzelnen Fällen mag auch bei Anstalten communalen Charakters das

[1]) Fr. C. G. Müller, *VI 1, 1892.*

Curatorium der Erfüllung berechtigter Forderungen Schwierigkeiten bereiten, wenn schon zugegeben werden muss, dass gerade bei dieser Instanz der Physiker meistens ein verständnisvolles Entgegenkommen findet. Es kann nicht bezweifelt werden, dass bei derartigen Verhandlungen die Wünsche des Fachlehrers eine wesentliche Förderung erfahren würden, wenn er sich auf die Vorschriften eines amtlichen Normalverzeichnisses stützen könnte.

Schliesslich wird der Wunsch nach einem solchen Verzeichnis von vielen Fachgenossen an kleinen Orten gehegt, die weit ab von dem Verkehr mit anderen nicht in der Lage sind, den Fortschritten der Wissenschaft, Technik und der speziellen Didaktik ihres Faches in der wünschenswerten Weise zu folgen, und die in einem nicht unberechtigten Gefühl der Unsicherheit der Verantwortlichkeit für die Vermehrung ihrer Sammlung gern auf Grund der Autorität einer amtlichen Zusammenstellung enthoben wären.

In der That sind auch schon vor längerer Zeit Versuche gemacht worden, diesem Bedürfnis durch Herausgabe von Normalverzeichnissen, teils amtlichen, teils mehr privaten Charakters gerecht zu werden. Soweit ich hierüber Auskunft erhalten konnte, sind es die folgenden:

Die 16. Westfälische Direktorenconferenz vom Jahr 1867 teilt in einer Anlage zu den Protokollen eine Zusammenstellung von 80 Apparaten mit, die zur Anschaffung empfohlen werden; dieselbe stellt einen Wert von 3000 Mark dar.

Im Auftrage des sächsischen Kultusministeriums wurde im Jahre 1873 von Dr. R. Rühlmann-Chemnitz eine physikalische Normalsammlung sächsischer Gymnasien, Realschulen und Seminare zusammengestellt, deren Katalog in *Hoffmanns Zeitschrift f. math. u. naturw. U. V 159* veröffentlicht wurde. Dieser Katalog führt 130 Apparate zu einem Wert von etwas mehr als 3000 Mark auf.

Derselbe Jahrgang obiger Zeitschrift bringt auf Seite 72 u. f. einen Abdruck des für die österreichischen Mittelschulen vorgeschriebenen Normalverzeichnisses vom Jahre 1874. Dasselbe führt 142 Apparate im Werte von 3400 Gulden auf und setzt eine jährliche Dotation von 200 Gulden für vollständige Mittelschulen, von 100 Gulden für unvollständige fest. Dieses und das sächsische Normalverzeichnis sind im sechsten Band von *Hoffmanns Zeitschrift (S. 22)* einer nicht uninteressanten Kritik seitens des Freiburger Prof. Joh. Müller unterzogen worden.

Im 15. Jahrgang von *Hoffmanns Zeitschrift (1884)* findet sich der Abdruck eines Normalverzeichnisses, welches vom Prov.-Schulkollegium der Rheinprovinz den Direktionen des Verwaltun sbezirks zugestellt wurde (wann?) „in der Erwartung, dass die Lehrer der Physik bis auf weiteres bei ihren die Vermehrung der phys. Sammlung der Schule betreffenden Vorschlägen es nicht umgehen werden, sich von dem Katalog beraten zu lassen.“ Das Verzeichnis führt 200 Nummern ohne Wertangabe auf.

Einer brieflichen Mitteilung des Herrn Prof. Recknagel entnehme ich schliesslich noch die Angabe, dass das bairische Ministerium in den Jahren 1892 und 93 zwei Verzeichnisse an die Gymnasien herausgegeben hat, in denen 29 Nummern zu 1100 Mark enthalten und zur Anschaffung empfohlen sind; ein eigentliches Normalverzeichnis ist nicht vorhanden und die obige Zusammenstellung ist von recht zweifelhaftem Wert.

Man ersieht hieraus, dass die Neigung zur Herausgabe solcher Zusammenstellungen bei den Schulverwaltungen offenbar keine sehr grosse ist; auch ist es

auffallend, dass aus Lehrerkreisen, soweit mir bekannt, bis jetzt keine formulierten Vorschläge gemacht worden sind. Es müssen also wohl Gründe vorhanden sein, die es erklären, dass die oben besprochenen Ansichten einer grossen Zahl von Fachgenossen noch nicht zu einem greifbaren Ergebnis geführt haben.

Zunächst liegt es auf der Hand, dass die Zusammenstellung eines Normalverzeichnisses zu den denkbar schwierigsten Aufgaben gehört; es geht damit, wie mit den Speciallehrplänen, was dem einen gut und erstrebenswert dünkt, wird von dem andern als unnütz verworfen. Wie weit die Ansichten in solchen Fragen auseinandergehen, zeigen die beiden Speciallehrpläne für den propädeutischen Unterricht in III und II von Poske (*d. Ztschr. V 169*) und Börner (*Verh. d. 5. Dir. Konf. in der Rheinprovinz 1893, S. 32 ff*). Dass aber in solchen difficilen Fragen die Regierungen anstehen, einen Machtspruch zu thun, ist nur natürlich. Der Unterricht würde sicher leiden, wenn der freien Entfaltung der Kräfte durch beengende Normen Zwang angethan würde. Immerhin muss aber das Bestreben darauf gerichtet sein, bei aller Verschiedenheit und Mannigfaltigkeit der individuellen Richtungen die Einheitlichkeit des Ganzen zu erhalten. Die Schwierigkeit ist nur die, Schranken zu schaffen, die den Strom der Arbeit in eine bestimmte Richtung lenken, ohne seine freie Entfaltung zu hindern und zu hemmen.

In zweiter Linie sind es vielleicht auch materielle Gründe, welche die Behörden bis jetzt abgehalten haben, regelnd und ordnend in diese Dinge einzugreifen, denn es ist zunächst selbstverständlich, dass ein derartiger Schritt dem Staate erhebliche Opfer auferlegen würde, indem die Einführung eines Normalverzeichnisses in erster Linie zur Voraussetzung hätte, dass an allen staatlichen Schulen der Bestand der physikalischen Sammlung mit den Vorschriften in Übereinstimmung gebracht werden müsste, denn aus den laufenden Mitteln könnte dieser Aufwand naturgemäss nur zum Teil bestritten werden. Ebenso müsste an die communalen Anstalten die Forderung gestellt werden, die Schulsammlungen in nicht allzulanger Frist auf die vorgeschriebene Höhe zu bringen.

Aus diesen Erwägungen heraus ergeben sich nunmehr die Gesichtspunkte, die bei der Aufstellung eines Normalverzeichnisses in Betracht gezogen werden müssen. Zunächst muss die grosse Gefahr nach Möglichkeit vermieden werden, welche darin liegt, dass in ungeschickten Händen beschränkter Personen ein Normalverzeichnis zur Geissel für den Lehrer wird. Erweist es sich überhaupt als möglich, diesen Stein des Anstosses aus dem Wege zu räumen oder zu umgehen, so dürften die übrigen Schwierigkeiten und Bedenken sich als minder schlimm ergeben. Ich glaube aber, dass zwei Maassregeln ausreichen würden, um in dieser Beziehung sogar ängstliche Gemüter zu beruhigen. Das Normalverzeichnis muss sich beschränken auf diejenigen Geräte und Apparate, die erforderlich sind zur Demonstration von Erscheinungen, deren Behandlung im Unterricht ausser Zweifel steht. Es wird dann allerdings den Vorwurf der Unvollständigkeit tragen müssen, denn der eine wird dies vermissen, der andere jenes. Dagegen kann aber die andere Maassregel helfen, die bestimmt, dass von der etatmässigen Dotation, die bei den heutigen Verhältnissen an keiner Art höherer Schulen unter 300 Mark sinken darf, jährlich etwa $^1/_3$ oder vielleicht auch mehr zur Ergänzung und Vervollständigung der Sammlung im Sinne des Normalverzeichnisses verwendet werden muss; das Anschaffungsjournal hat als Beleg für entsprechende Verwendung dieser Quote zu dienen, während der Rest dem Physiker

zur freien Verfügung steht und seinen besonderen Neigungen und Absichten immer noch einen hinreichenden Spielraum lässt.

Zweitens soll das Verzeichnis bestimmte Formen einzelner Apparate im allgemeinen nicht angeben, um in dieser Hinsicht nicht beengend zu wirken. Ausgenommen davon sind Vorrichtungen und Instrumente, deren Vorzüglichkeit in specieller Form und Ausführung ausser Zweifel steht, wie dies z. B. bei manchen der Weinholdschen Modelle der Fall ist. Besser als eine solche Angabe dürfte wohl die Normierung der Summe wirken, die ungefähr für jeden Gegenstand aufzuwenden wäre; es bleibt dann dem Lehrer immer noch die Möglichkeit, sich nach eigenem Ermessen innerhalb der gezogenen Schranken für die eine oder die andere Form zu entscheiden. Dagegen wird ein Vorschlag Fr. C. G. Müllers (*a. a. O.*) volle Beachtung verdienen, der darauf abzielt, bei einzelnen Instrumenten und Apparaten durch Angabe einer unteren Grenze der Leistungsfähigkeit ein Heruntergehen unter ein gewisses Niveau zu verhüten.

Drittens muss das Normalverzeichnis, ebenso wie es den Bedürfnissen des Lehrers Rechnung trägt, auch den berechtigten Forderungen des Physikers entgegenkommen, d. h. es muss ein vollständiges Instrumentarium für die gewöhnlichsten Messungen und wissenschaftlichen Arbeiten enthalten. Das klingt gefährlicher, als es sich bei näherer Besichtigung erweisen wird. Denn selbstverständlich handelt es sich hier ja nicht um Präcisionsmessungen; in vielen Fällen wird eine Genauigkeit von $^1/_2$ % genügen. Aber die Möglichkeit muss dem Lehrer gegeben sein, die Kräfte, in deren Spiel und Wechselwirkung er die Jugend einweihen soll, auch messend zu verfolgen. Neben Fr. C. G. Müller (*a. a. O.*) verlangt dies auch E. Schrader (*N. Jahrb. f. Phil. u. Päd. II. Abt. 1893 S. 420*) um nur eine der neuesten Auslassungen über den Gegenstand namhaft zu machen. Wie wenig Abschreckendes diese Forderung im Grunde hat, mag man aus dem unten vorgelegten Entwurfe ersehen; in demselben sind diejenigen Vorrichtungen, die nebenbei oder ausschliesslich der beregten Aufgabe zu dienen haben und bei deren Anschaffung diesem Umstand Rechnung zu tragen ist, mit einem * versehen worden.

Zuletzt kommt die Frage der Werkzeuge und technischen Hilfsmittel. Das ist ein Punkt, in dem meine Ansichten von denen der meisten Fachgenossen, die sich über den Gegenstand ausgesprochen haben, nicht unerheblich abweichen. Ich schicke voraus, um Missdeutungen vorzubeugen, dass ich von Jugend auf an allen mechanischen Arbeiten das grösste Vergnügen gefunden habe, dass ich jahrelang an Drehbank und Werkbank gearbeitet habe und dass ich es in meiner jetzigen Stellung auf das lebhafteste bedauere, wegen Mangels an geeigneten Räumen in dieser Beziehung zur Unthätigkeit verurteilt zu sein. Auch gebe ich gern zu, dass es dringend notwendig ist, unsere jungen Lehrer bei der Einführung in das specielle Unterrichtsverfahren der Physik auch mit dieser Seite der Thätigkeit vertraut zu machen. Aber wenn ich auf der anderen Seite sehe, welche Riesenforderungen die Erfüllung der Vorschriften der Lehrpläne an den Physiker stellt, wenn ich bedenke, welche Arbeiten ihm aus den laufenden Vorbereitungen des Experimentalunterrichtes, aus der Erhaltung, Reinigung und Verwaltung des Inventars erwachsen, wenn ich den Zeitaufwand in Rechnung ziehe, der ihm aus der Anlage und Leitung von Schülerübungen vielleicht noch erwächst, wenn ich andererseits sehe, wie wenig diesem Zustand von den vorgesetzten Behörden noch Rechnung getragen wird, so halte ich es im allgemeinen schlechterdings für aus-

geschlossen und auch nicht für wünschenswert, dass der Selbstanfertigung von Apparaten ein allzu breiter Spielraum eingeräumt wird. Ich würde es vielmehr für richtiger halten, wenn die Thätigkeit des Lehrers in dieser Richtung sich (Ausnahmen natürlich vorbehalten) nur auf die notwendigsten und einfachsten Reparaturen beschränkte, die mit Hammer, Schraubenzieher, Zange und Bohrer ausgeführt werden können. Aus diesem Grunde habe ich nach einigem Schwanken überhaupt davon abgesehen, Vorschläge in Bezug auf Werkzeuge zu machen, indem ich glaube, dass Anschaffungen, die über das einfachste Geräte hinausgehen, besser dem Ermessen und dem Bedürfnis des Einzelnen anheimgestellt werden.

Nach diesen Vorbemerkungen teile ich den folgenden Entwurf eines Normalverzeichnisses mit, indem ich hoffe, dass es die Anhaltspunkte zu einer erneuten Prüfung und Discussion der Frage bieten wird, aus der sich dann vielleicht ein befriedigendes und brauchbares Gebilde entwickelt. Aus diesem Gesichtspunkt bitte ich den Versuch prüfen und beurteilen zu wollen.

1. Geräte zum allgemeinen Gebrauch.

1. Zwei Stativtischchen, verstellbar von 80 auf 150 cm. [30]
2. Zwei ebensolche von 50—90 cm. [26]
3. Zwei Stellbretter, 30 cm Durchmesser. [10]
4. Ein Satz parallelepipedischer Holzklötze. [2]
5. Ein Satz dünner Holzkeile zum Unterlegen. [1]
6. Zwei Bunsensche Universalstative mit Nebenteilen. [40]
7. Zwei Bunsensche Gasbrenner. [8]
8. Eine Röhrenlibelle. [6]
9. Schulkathetometer, einerseits grobe Teilung in ganze cm, andererseits mm-Teilung mit Spiegel. [40]

*10. Normalmaassstab von Messing, 1 m in mm. [10]
*11. Eine mm-Schraubenlehre mit geteiltem Kopf. [4]
12. Tarierwage mit hydrostat. Schale. [50]
13. Gewichtssatz von 1—1000 g. [12]
*14. Physikalische Wage, auf 500 g $^1/_2$ mg zeigend. [250]
*15. Gewichtssatz von 200 g abwärts. [27]
*16. Sekundenpendel mit Glocke. [25]
*17. Normalthermometer von -1 bis 101° in $^1/_{10}$°. [10]
18. Zwei Hahnbüretten von 25 und 50 ccm. [7]
19. Fünf Messcylinder zu 25, 50, 200, 500, 1000 ccm. [9]
20. Normalaräometer in 3 Spindeln von 0,7—2,0. [6]

2. Gleichgewicht und Bewegung.

21. Hebelmodell. [10]
22. Bleikugeln mit Haken. [7]
23. Zwei Rollen und geteilter Kreis für das Parallelogramm. [12]
24. Feste und Lose Rolle. [4]
25. Modell eines Wellrades. [5]
26. Schiefe Ebene mit Gradbogen und geteilter Höhe. [30]
27. Schraubenmodell. [3]
28. Fallrinne oder Atwoodsche Fallmaschine. [50]
29. Fallröhre, an die Luftpumpe passend. [15]

30. Rotationsmaschine mit Nebenteilen (Scheibe mit Löchern und Kugeln; Federdynamometer; Foucaultsches Pendel; Schale mit Kugeln). [70]
31. Pendellinsen gleicher Grösse von Blei, Messing, Aluminium, Holz. [6]
32. Glasmodell einer hydraulischen Presse. [8]
33. Kanalwage. [15]
34. Apparat für den Bodendruck. [45]
35. Glascylinder mit angeschliffener Bodenplatte an Faden. [4]
36. Apparat für das archimedische Princip. [8]
37. Aräometermodell mit cylindrischem Körper und Standgefäss. [4]
*38. Pyknometer mit Thermometer. [5]
39. Segnersches Wasserrad (Glasmodell). [8]
40. Mariottesche Flasche mit Glashahn. [8]
41. Glaskugel mit Hahn zum Anschrauben an die Luftpumpe. [7]
42. Apparat zum Blasensprengen. [15]
43. Magdeburger Halbkugeln. [15]
44. Luftpumpe. [75]
45. Barometerrohr mit Hahn und Eisenkästchen. [6]
*46. Normal-Heber-Barometer. [36]
*47. Mariottescher Apparat, zugleich als Luftthermometer zu gebrauchen. [60]
48. Saughebepumpe (Glasmodell). [5]
49. Saugdruckpumpe (Glasmodell) [5]
50. Heronsball. [2]
51. Feuerspritze (Glasmodell). [7]
52. Stechheber (Glasmodell). [1]
53. Schenkelheber von Glas mit Hahn am Knie. [2]

3. Wellenlehre und Schall.

54. Machsche Wellenmaschine. [80]
55. Stahlstab mit Zwinge. [2]
56. Glocke mit Uhrwerk, aufgehängt (zu No. 44). [12]
57. Vier gezahnte Räder (Accord) zu No. 30. [15]
*58. Sirene mit Zählwerk. [36]
59. Gebläse mit Windlade. [50]
60. Lippenpfeife von Blech, in der Mitte mit Schieber. [15]
61. Lippenpfeife mit Stempel und Teilung. [15]
62. Zungenpfeife. [15]
63. Gasflammenmanometer mit Spiegelwürfel (zu No. 30). [18]
64. Zwei Stimmgabeln auf Resonanzkästchen für Schwebungen. [20]
65. Schreibstimmgabel. [12]
66. Meldes Apparat für Fadenschwingungen. [30]
*67. Monochord mit drei Saiten und Zubehör. [35]
68. Apparat für Chladnis Tonfiguren. [20]
69. Glascylinder auf Fuss 1,5 m hoch für Resonanz. [6]
70. Kundtsche Röhre. [26]
71. Interferenzrohr mit Posaunenverschiebung und Kundtscher Röhre. [30]
72. Modell des menschlichen Ohres. [15]
73. Modell des menschlichen Kehlkopfes. [5]

4. Licht.

74. Optische Bank, 2 m lang, mit Zubehör (8 Schlitten), ein Bunsenscher Brenner mit Platindraht, fünf Linsen- bezw. Schirmklemmen, zwei Tischchen. [50]
75. Bunsensches Photometer dazu. [10]
76. Kleine Camera mit auswechselbarem Loch und Linse. [10]
77. Sechs Linsen der verschiedenen Typen, 6 cm Durchmesser. [20]
78. Zwei versilberte Spiegel, concav und convex. [6]
*79. Demonstrationsgoniometer mit Zubehör. [300]
80. Halbcylinder aus Glas, massiv. [20]
81. Desgleichen, hohl. [20]
82. Flintglasprisma von 60°; Kronglasprisma von 30°. [10]
83. Totalreflektierendes Prisma. [10]
84. Glaswürfel von 8 cm. [4]
85. Schwefelkohlenstoffprisma. [12]
86. Handheliostat. [80]
87. Projektionslampe für Gasglühlicht mit Spaltaufsatz. [100]
*88. Spektroskop nach Jansen-Hoffmann. [200]
89. Sammlung farbiger Gelatinfolien. [6]
90. Sammlung farbiger Scheiben (zu No. 30). [4]
91. Zerlegbares anatomisches Augenmodell. [12]
92. Schematisches Auge mit Brillengläsern. [25]
*93. Einfaches Mikroskop, Vergrösserung bis 200fach, mit Objektiv- und Ocularmikrometer. [50]
94. Wheatstonesches Stereoskop mit Bildern. [20]
95. Newtonsches Farbenglas. [10]
96. Kugel mit Seifenlösung (zu No. 30). [7]
97. Fresnelscher Spiegel. [15]
*98. Beugungsfernrohr mit Zubehör. [100]
*99. Nörrembergs Polarisationsapparat. [90]
100. Turmalinzange. [18]

5. Wärme.

101. Messingkugel an Kette mit Ring. [4]
102. Lineal aus Eisen und Messing genietet. [3]
103. Metallthermometer für Maximum und Minimum. [27]
104. Thermometer von $-10°$ bis 100°. [2,50]
105. Desgleichen von 0° bis 360°. [4]
*106. Zwei Kalorimeterthermometer von $-10°$ bis 40° in $^1/_{10}°$. [8]
107. Apparat für Ausdehnung fester Körper, 6 Metalle in Röhrenform für Dampf. [30]
108. Modell des Dulong-Petitschen Apparates für Ausdehnung von Flüssigkeiten. [20]
109. Dampfbarometer. [18]
110. Lufthermometer (siehe No. 47.)
111. Durchschnittsmodell einer Dampfmaschine. [24]
112. Paraffinscheibe mit Kugeln an gemeinsamem Träger. [10]
*113. Mischungskalorimeter. [15]
114. Pneumatisches Feuerzeug. [15]

115. Tyndalls Reibungsapparat (zu No. 30). [3]
116. Apparat für Wärmeleitung, drei Stäbe. [18]
117. Modell einer Davyschen Sicherheitslampe. [10]
*118. Thermosäule von 49 Elementen. [50]
119. Leslies Würfel. [10]
120. Differentialthermometer mit Hahn. [20]
121. Daniellesches Hygrometer. [18]

6. Reibungselektricität.

122. Stäbe von Glas, Porzellan, Hartgummi, Siegellack, Schwefel, Celluloid, Speckstein und Messing an Hartgummigriffen nebst verschiedenen Reibzeugen. [20]
123. Doppelpendel mit Leimkugeln. [4]
124. Horizontalpendel. [15]
125. Zwei gleiche, weniger empfindliche Elektroskope mit Metallmantel, Beetzsche Form. [36]
*126. Ein Aluminiumblatt-Elektrometer (geaicht). [30]
127. Condensator (mit Doppelpendeln) auf Glasfuss, Platten 20 cm. [20]
*128. Schlittencondensator. [60]
129. Cylinder von Drahtgewebe mit Deckel. [15]
130. Elliptische Scheibe auf Glasfuss mit Pendeln am Rand. [15]
131. Elektrophor. [12]
132. Selbsterregende Influenzmaschine. [40]
133. Flugrad. [3]
134. Isolierstuhl. [6]
135. Zwei grosse Leydener Flaschen. [20]
136. Modell eines Riessschen Luftthermometers. [10]

7. Magnetismus.

137. Natürlicher Magnet mit Armatur. [18]
138. Zwei Magnetstäbe von 30 cm in Kasten. [14]
139. Hufeisen-Magazin-Magnet von 25 cm Schenkellänge. [20]
140. Magnetnadel mit Achathütchen auf Stativ. [4]
*141. Kompass von 10 cm Durchmesser. [20]
142. Deklinatorium und Inklinatorium. [36]
143. Glasrohr mit Feilspähnen. [1]
144. Holzrahmen von 40 cm Seite mit Karton bespannt, Siebchen und Feilspähne. [3]
*145. Webersche Magnetometerschiene. [60] (dazu No. 141.)

8. Galvanismus.

146. Zink- und Kupferplatte mit angelöteten Drähten nebst Glas. [2]
147. Grosses Daniellsches Element. [8]
148. Batterie von 4 Akkumulatoren von je 8 Ampère-Stunden. [24]
149. Zwei Gülchersche Thermosäulen zu 2 V und 0,4 Ohm. [170]
150. Ein Satz Klemmschrauben. [6]
151. Morsetaster als Stromschlüssel. [7]
152. Commutator. [15]
*153. Tangentenbussole mit Trommelteilung. [60]

*154. Schulgalvanometer mit Trommelteilung und 2 Rollenpaaren. [120]
155. Modell einer Wheatstoneschen Brücke. [20]
*156. Universalmessbrücke nach Kohlrausch mit Hörtelephon. [120]
157. U Rohr auf Fuss mit Platinelektroden. [4]
*158. Wasservoltameter nach Hofmann. [25]
*159. Kupfervoltameter. [8]
160. Lenzscher Apparat für Wärmewirkung des Stromes. [12]
161. Rechteck aus Kupferdraht mit Magnetnadeln für Oerstedts Versuche. [9]
162. Elektromagnet. [30]
163. Ampères Gestell. [50]
164. Zwei Drahtrollen für Induktion. [18]
165. Funkeninduktor von 4 cm Funkenlänge. [50]
166. Modell einer Glühlichtlampe. [3]
167. Modell einer Bogenlichtlampe. [30]
168. Modell einer Telegraphenstation. [40]
169. Läutewerk. [5]
170. Wagners Hammer. [10]
171. Telephon-Modell. [15]
172. Mikrophon. [5]
173. Modell einer Dynamomaschine, zugleich Motor. [40]

Die Sammlung stellt einen Katalogwert von 4500 Mark in runder Summe dar. Bei Anfertigung durch einen Mechaniker dürfte sie sich auf 4000 Mark stellen.

Es bleibt mir nunmehr noch übrig, über den Ausbau, die Ergänzung und Vervollständigung der Sammlung zu reden. Sowohl die Fortschritte der Wissenschaft und die daraus sich ergebenden Errungenschaften auf den Gebieten des Lebens, der Industrie und Technik, als auch die aufsteigende Entwickelung der Didaktik und speciellen Methodik des Experimentalunterrichtes verlangen unabweislich eine fortwährende Vervollständigung und Ergänzung der Sammlung. Es treten dadurch eine Reihe von Fragen und Aufgaben an den Lehrer heran, deren verständige Lösung nicht immer leicht ist. Wenn wir ein physikalisches Preisverzeichnis durchblättern, so stossen wir auf einzelne Vorrichtungen, die in einer grossen Anzahl teils sehr verschiedener Formen empfohlen werden. Ich erinnere beispielsweise an die Apparate zum Nachweis der Wechselwirkung von Strömen und Magneten, von denen allein in den drei letzten Jahrgängen dieser Zeitschrift ein halbes Dutzend neuer Formen aufgeführt und empfohlen werden; der mir vorliegende neueste Katalog einer grösseren Werkstätte führt, um ein anderes Beispiel namhaft zu machen, nicht weniger als 40 Formen galvanometrischer Vorrichtungen auf. Derselbe Katalog enthält 11 Apparate zur Demonstration und Messung des Brechungsvorgangs, und wenn wir die vorliegenden sieben Jahrgänge dieser Zeitschrift darauf hin durchsuchen, so finden wir eine stattliche Anzahl teils sehr bemerkenswerter Vorschläge für den gleichen Zweck. Unter diesen Verhältnissen ist es selbst für diejenigen, die das Glück haben in einer grösseren Stadt zu wirken, und denen dadurch Gelegenheit geboten ist, durch den Augenschein zu prüfen, oft recht schwer eine geeignete Entscheidung zu treffen. Für diejenigen aber, die in kleineren Orten leben und auf die Unterstützung von Fachgenossen verzichten müssen, ist es meist unmöglich, lediglich auf Grund von Beschreibungen hin das richtige zu finden. Wieviele von uns haben wohl eine so

reiche Erfahrung, dass sie von einer so schwachen Grundlage aus entscheiden könnten, welche Form eines Apparates für Erreichung eines bestimmten Zweckes die geeignetste ist?

Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn es sich darum handelt zu prüfen, ob gewisse Fortschritte der Technik für die Schule nutzbar gemacht werden können. Ich erinnere an die Frage nach der Verwendbarkeit der Accumulatoren in den Schulsammlungen, wer kann das ohne weiteres beurteilen und an wen soll man sich um Auskunft wenden, wenn die eigene Erfahrung nicht ausreicht? Wie oft ist es mir schon vorgekommen, dass ich in solchen Verlegenheiten an Pontius und Pilatus geschrieben habe und doch zu keinem befriedigenden Ergebnis kommen konnte.

Diese Misstände wären aber unschwer zu heben, wenn eine Centralstelle vorhanden wäre, die in solchen Fällen Rat und Auskunft erteilen könnte. Die Unterrichtsverwaltung müsste zu diesem Zwecke durch eine geeignete Persönlichkeit zunächst eine Mustersammlung physikalischer Unterrichtsapparate zusammenstellen lassen, in der alle für unsere Zwecke brauchbaren Formen vorhanden sein müssten; jeder neue Apparat und jede Verbesserung oder Abänderung einer älteren Vorrichtung müsste dort auf ihre Brauchbarkeit hin geprüft und gegebenenfalls für die Sammlung erworben bezw. das Prüfungsergebnis veröffentlicht werden. Dieses „Schulmuseum“ könnte nun für den Einzelnen zunächst dadurch nutzbar gemacht werden, dass es ihm in Ferienkursen, die womöglich obligatorisch sein sollten, ermöglicht würde, durch eigene Anschauung die verschiedenen Typen kennen zu lernen, sich durch vergleichende Versuche ein eigenes Urteil über die Vorzüge und Mängel zu bilden und in dieser einfachen aber gründlichen Weise sich über die Fortschritte der Lehrmitteltechnik zu unterrichten. Welche Unsummen von zwecklos aufgewendeten Mühen und Mitteln könnten so erspart und in anderer Weise nutzbar gemacht werden!

Dann aber könnte diese Centralstelle zugleich eine Auskunftsstelle sein, bei der sich jeder gegebenenfalles Aufklärung und Rat in Fragen erholen könnte, zu deren Beantwortung der eigene Erfahrungsschatz nicht ausreicht.

Ich sehe davon ab, diese Vorschläge im Einzelnen weiter zu verfolgen, obwohl ich glaube, dass ihre Ausführung sehr wesentlich zur Besserung der Verhältnisse betragen würde. Vielleicht ist es mir aber gelungen, den einen oder anderen Fachgenossen zu eingehenderer Erwägung der angeregten Frage zu veranlassen und damit unsere Sache einigermassen zu fördern.

Ein Apparat zur objektiven Darstellung der Schwingungscurven.

Von

Prof. **W. Holtz** in Greifswald.

Zur objektiven Darstellung der Schwingungscurven ist die Combination einer pendelnden Linse und eines pendelnden Lichtpunktes schon früher benutzt, wobei man sich zur Gewinnung des letztern namentlich zweier verschiedener Methoden bediente. Schuller brachte an einer schwingenden Stimmgabel eine Scheibe mit centraler Öffnung an, welche vom Sonnenlicht und durch eine besondere Linse beleuchtet wurde (Carls *Rep. d. Phys. XI 62, 1875*). Mauritius liess eine an zwei Fäden aufgehangene Lampe schwingen, welche einen Blechcylinder mit einer kleinen Öffnung trug (Exners *Rep. d. Phys. XX 556, 1884*). Nach ersterer

Methode experimentiert auch Dufour, nur dass die Scheibe einfach durch ein dahinter gestelltes helles Licht beleuchtet wurde (*Bull. d. l. Soc. Vaudoise d. sc. nat. XVII 79, 1881*).

Bei nachstehendem Apparat handelt es sich auch um solche Combination, aber der Lichtpunkt wird auf andere Weise und zwar besonders einfach gewonnen; auch unterscheidet er sich von früheren Apparaten dadurch, dass er zwei Doppelpendel, eins für langsame und eins für schnelle Bewegung enthält. Ersteres sind Schwerkraftpendel, welche vor den Federpendeln den Vorzug haben, dass sie grössere Excursionen machen und länger in Bewegung bleiben. Man kann so vor Augen führen, wie die Figuren entstehen, und dann mit den Federpendeln die fertigen Figuren zeigen.

Den Lichtpunkt giebt ein glühendes Platinscheibchen, das an einem Pendel befestigt in die Flamme eines Bunsenschen Brenners taucht. Für seine Herstellung hämmert man einen 3 cm langen und 0,3—0,4 mm dicken Draht an seinem einen Ende flach, bis sich ein 2—3 mm grosses möglichst rundes Blättchen bildet, das rechtwinklig umgebogen wird. Das letztere der pendelnden Linse zugewandt giebt mehr Licht, als eine einzelne Spitze geben würde, und verdeckt zugleich das Licht des dahinter glühenden Drahtes, das im Linsenbilde nicht mit erscheinen soll. Um zu verhüten, dass ein längeres Stück des Drahtes glühe wird besser die hintere d. h. der Linse abgewandte Seite der Flamme benutzt. Besser als ein gewöhnlicher Brenner ist übrigens ein solcher mit kurzem Blechmantel, wie man ihn bei der Spektralanalyse zu benutzen pflegt. Man gewinnt so bei richtiger Einstellung der Linse ein ziemlich scharfes und bei Verdunkelung des Zimmers weithin sichtbares Bild, das ungleich heller ist, als eine Scheibe mit Loch und dahinter gestelltem Lichte geben würde. Die Befestigung des Drathes geschieht mittels einer kleinen Druckschraube oder eventuell noch einfacher, wie später beschrieben werden soll. Für gewöhnlich bewahrt man ihn nebst andern in einem kleinen Schächtelchen auf mit eingelegtem Korkboden, in welchen einige Löcher gestochen sind. Ich bemerke noch, dass die genannten Dimensionen die besten sind, weil dickere Drähte dem Blättchen zuviel Wärme rauben, dünnere oder längere in Eigenschwingungen verfallen.

Die Pendel sitzen an zwei gesonderten Klötzen, welche ihrerseits nicht weiter befestigt sind und deshalb eine gewisse Schwere nötig haben. Damit sie nicht wackeln, hat jeder drei ganz kleine Füsse, am einfachsten Cartonstücke, welche man darunter leimt. An dem grösseren, höheren, mit *A* (Fig. 1) bezeichneten sitzen die Pendel mit den Linsen, welche horizontale Schwingungen machen sollen, an dem kleineren, mit *B* bezeichneten die Pendel mit den Platinblättchen, welche in verticaler Richtung schwingen sollen. Im Experiment stehen die Klötze jedoch anders, wie gezeichnet, da das Platinblättchen immer nach der Linse zeigen muss; wir müssen uns den kleinen also um 90° gedreht denken nach rechts oder links, je nachdem die Schwerkraft- oder die Federpendel wirken sollen. Die Aufstellung geschieht entweder auf dem Experimentiertisch selbst nahe derjenigen Endkante, welche dem Schirme am nächsten liegt, oder, falls letzterer zu hoch sein sollte, auf einem besonderen Tischchen, das man seinerseits auf den Experimentiertisch stellt. Ein solches von 35 cm Höhe und 50×60 cm Grösse dürfte auch bei anderen Experimenten zu gebrauchen sein. Alles, was an den Klötzen sitzt, ist übrigens leicht abnehmbar, damit man es nach Gebrauch gesondert aufbewahren und jene eventuell auch als Unterlagen gebrauchen kann.

Die weiteren Einzelheiten gebe ich nun nach genauen Maassen, deren Innehaltung gerade bei diesem Apparat von grösserer Bedeutung ist.

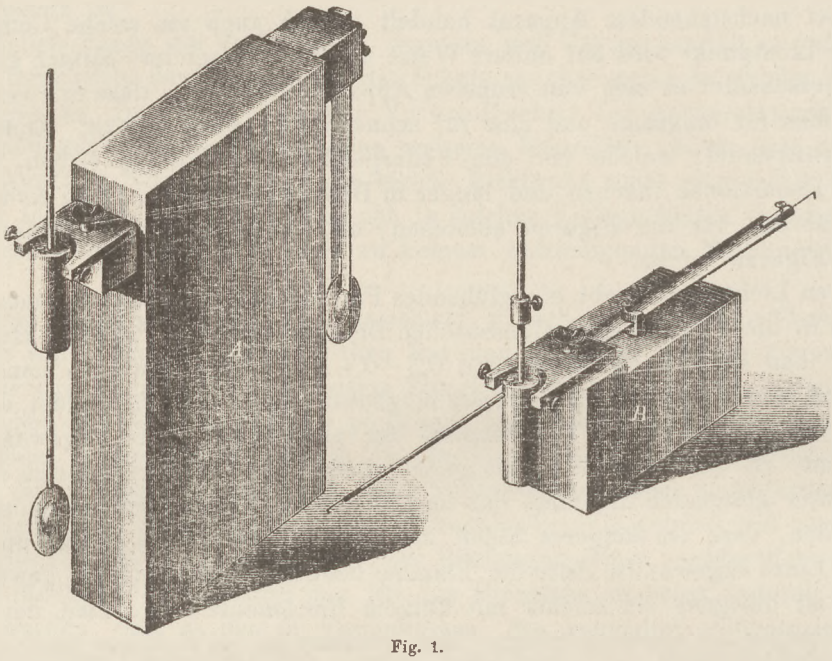


Fig. 1.

Der Klotz A ist 44 cm hoch, 26 cm breit und 8 cm dick. Er ist oben mit zwei um 6 cm hervorragenden und 6 cm hohen mit Holzschrauben befestigten Backen versehen, deren hintere mit der oberen Kante abschneidet, während die vordere um 4 cm tiefer sitzt. Auf letzterer liegt, mittels Flügelschraube angezogen eine Ebonitplatte von 1 cm Dicke und 6,4 cm Breite, welche im Übrigen die Backe noch um 3 cm überragt, aber hier einen Ausschnitt hat, in welchem das Pendel schwingt. Dieses bewegt sich zwischen gehärteten Stahlspitzen, welche am besten die Form von Stopfnadelspitzen haben und in Schrauben sitzen, die sich in den seitlichen Flauschen des Ebonitstücks verschrauben lassen. Sehr wesentlich ist, dass die Spitzen sehr schlank sind im Vergleich zu den conischen Löchern, welche sich in den dem Pendel eingesetzten Stahlstücken befinden, damit die Spitze den Conus nicht in einer Linie, sondern immer nur in einem Punkte berühren kann. Das Pendel besteht im Übrigen aus einem cylindrischen Messingstück von 7 cm Länge und 3 cm Dicke, in welches oben axial ein 16 cm langer und 4 mm dicker Aluminiumdraht eingeschraubt ist. Die Mitte der conischen Löcher liegt 3,5 mm vom Rande, in gleichem Abstande liegt ein cylindrisches Loch um 90° von jenen entfernt, für einen 3 mm dicken Draht passend, den ein von oben kommendes Schräubchen befestigen kann. Ein ebensolches Loch ist unten in der Axe des Pendels, zu welchem eine seitliche Druckschraube gehört. Hier steckt der Aluminiumdraht, welcher die Linse trägt und so lang ist, dass ihre Mitte 16,5 cm über der Tischfläche liegt. Die Linse ist ein Brillenglas, das bei einer Grösse von 4,1 cm eine Brennweite von 10 cm hat, so dass das Bild des glühenden Blättchens auf einem 3 m entfernten Schirme in einer Grösse von circa 6 cm erscheint. Sie ist gefasst durch einen an den Draht genieteten Aluminiumstreifen und noch umgeben von einem Blechringe desselben Metalls, der 0,25 mm dick und 16 mm breit und dem Drahte mittels kleinster Schräubchen

angeheftet ist. Dieser Ring ist nicht gerade nötig aber sehr erwünscht, um die an der Linse vorbeigehenden Strahlen abzufangen. Das zweite Pendel desselben Klotzes ist ein Federpendel, welches an der hinteren Backe und zwar an ihrer hinteren Fläche befestigt ist. Es ist eine Stahllamelle, 24,5 cm lang, 2,5 cm breit und 1 mm dick, nebenbei hart gewalzt, wie man sie im Handel trifft. Zu ihrer Befestigung dient einfach eine Flügelschraube, welche durch jene und zugleich durch eine über ihr liegende Messingplatte geht, welche gleich breit aber 3 mm dick ist und so lang, als die Feder das Holz berührt. Die Linse dieses Pendels ist gleich der früher genannten, sie ist gefasst durch einen Messingstreifen, der an beide Seiten der Feder gelötet ist, und hat einen Schutzring aus 0,25 mm dickem Zinkblech, der in einem Schlitz über die Feder greifend hier mit angelötet ist.

Der Klotz *B* ist 16,5 cm hoch auf eine Strecke von 6 cm, im Übrigen aber 14,5 cm hoch und 22 cm lang und 8 cm dick. Die auf dem höheren Teile angebrachten Pendel sind abgesehen von nachstehenden Punkten den obigen gleich. Dem Schwerkraftpendel ist ein horizontaler Aluminiumdraht eingesteckt, damit der Platindraht in verticaler Richtung schwingen kann; er ist 2,5 mm dick und 20 cm lang und am freien Ende mit folgender Einrichtung versehen. Es ist schwach conisch gefeilt und an einer Seite der Länge nach mit einer feinen Kerbe versehen; zuvor aber ist auf den Conus aus dünnem Aluminiumblech eine kleine Hülse gepasst. Der Platindraht wird dann so befestigt, dass man ihn in die Mündung der Kerbe steckt und die Hülse nach hinten zieht. Dies ist deshalb so, damit das Pendel seitlich so weit vom Drehpunkt keine namhafte Belastung erhält. Die Ebonitplatte, an welcher das Pendel hängt, drückt gleichzeitig das Federpendel an die obere Holzfläche an; natürlich muss diese plan oder lieber ein wenig hohl sein, wenn eine einzige Flügelschraube die Feder genügend festlegen soll. Auf ihr freies Ende ist ein cylindrisches Messingstück gelötet, das vorne eine feine Öffnung und oben eine kleine Druckschraube hat. Es wiegt nur 15 g und kann so die Feder kaum aus ihrer horizontalen Lage drängen; sollte gleichwohl der Platindraht nicht in Höhe der Linsenmitte liegen, so müsste durch Biegen der Feder etwas nachgeholfen werden. In der Figur sieht man an jedem Pendel noch ein Laufgewicht d. h. ein verschiebbares und mittels Druckschraube festklemmbares Messingstück. Man braucht davon vier, zwei cylindrische von 12 und 80, zwei eckige von 15 und 220 g. Erwünscht ist daneben noch je ein mittleres, ein cylindrisches von 40 und ein eckiges von 120 g. Bei den eckigen ist es gut, wenn die Druckschraube möglichst über der Mittellinie der Feder liegt.

Beim Experimentieren ist es am bequemsten, wenn man die Pendel des Klotzes *B* zunächst mit den kleinen Gewichten so weit belastet, dass sie mit den andern gleichstimmig sind, hiernach auf letztere die grossen Gewichte aufsetzt und durch Verschiebung die anderen Schwingungsverhältnisse bis zur Octave zu gewinnen sucht. Für grössere Schwingungsunterschiede reichen die obigen Gewichte nicht aus, sonst würde man mit den Pendeln wohl allenfalls noch die Quinte der Octave gewinnen können. Rationeller aber ist es nach Absolvierung der Gleichstimmigkeit die kleinen Gewichte ganz abzunehmen und für die Linsenpendel thunlichst nur die mittleren anzuwenden, namentlich beim Schwerkraftpendel, das stärker belastet eher zur Ruhe kommt wegen vermehrter Reibung und weil der Linsendraht durch das Obergewicht in Schwanken zu gerathen scheint. Man muss deshalb dies Pendel auch öfter anstossen, wenn man die Amplitude beider einigermaassen gleich erhalten will. Man braucht letztere übrigens gar nicht sehr

gross zu nehmen; man wird ohnehin auf dem Schirme leicht Figuren von $1^1/_3$ m Grösse gewinnen können, bei den Schwerkraftspendeln wenigstens, während die Federpendel nur solche von $^3/_4$ m Grösse geben werden. Um ein Anschlagen der Linsenschirme an das Holz zu verhüten, bringe man die Pendel immer so in Bewegung, dass man sie nach der Seite des Klotzes hin aus ihrer Gleichgewichtslage zieht.

Das Kaleidophon.

Am einfachsten erhält man die Kurven rechtwinkliger Schwingungen mit dem Kaleidophon, dem die Methode des glühenden Platindrahtes leicht anzupassen ist.

In eine 4 mm dicke Platte aus Messing oder Zink von 6×8 cm Grösse sind drei Einschnitte gemacht, 2 cm lang und so, dass einer in der Mitte der Längsseite, die anderen 3 mm von ihrem Ende stehen (Fig. 2). In diese sind Messingstäbchen und auf deren freies Ende kleine cylindrische Stücke mit feiner Öffnung und kleinem Druckschräubchen gelötet. Die Stäbchen sind, soweit sie sichtbar, 19 cm lang, während ihr Querschnitt 2×2 und $2{,}5 \times 1{,}66$ und $3 \times 1{,}5$ mm beträgt. So entsprechen sie den Schwingungsverhältnissen von Einklang, Quinte und Octave, während ihre mittlere Dicke annähernd gleich ist, damit sie im Mittel gleich schnelle Bewegungen machen. Letzteres ist ein Punkt, der auch bei Anwendung anderer Stäbe, die anderen Verhältnissen entsprechen sollen, zu berücksichtigen wäre. Die Platte hat ein Loch und wird mittels Flügelschraube auf den Klotz *B* oder einen anderen diesem gleichen geklemmt, so dass die Stäbchen der Länge nach über ihn fortlaufen. Sie sind nebenbei so eingelötet, dass sie bei solcher Lage in senkrechter Richtung dann am widerstandsfähigsten sind.

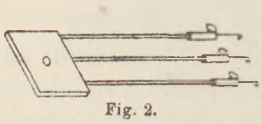


Fig. 2.

Für den Versuch bringt man die Stäbe einzeln mit ihren in die Flamme tauchenden Drähten der Linse des Federpendels gegenüber oder einer anderen, die auf besonderem Fusse steht, da sie nicht schwingen soll. Besser als ein Rundbrenner würde an dieser Stelle ein Bunsenscher Flachbrenner sein. Die Schwingungen regt man am besten so an, dass man das Stäbchen nach unten etwas seitlich aus seiner Ruhelage zieht. Man erhält so sehr hübsche Figuren bis etwa $^1/_2$ m gross, die aber schnell ihre Phasen ändern, wenn die Stäbchen ungenau gearbeitet sind. Mancher möchte sich vielleicht schon an diesem verhältnismässig billigen Apparate allein genügen lassen.

Parallelschwingungen.

Bei Parallelschwingungen wird der Klotz *A* nicht gebraucht, aber es muss noch ein zweiter Klotz *B* vorhanden sein, auf dem die beiden Linsenpendel genau so wie die beiden Platindrahtpendel auf dem andern befestigt werden, wobei das Schwerkraftpendel so arrangiert wird, wie Fig. 3 zeigt. In einem Messingstücke gleich dem kleinsten Laufgewichte sitzt ein 14 cm langer, 3 mm dicker Aluminiumdraht fest, auf welchem ein zweites 20 g schweres Stück, das keine Druckschraube gebraucht, zu verschieben ist. Der Draht ist so tief zu senken, als es die Flügelschraube der Ebonitplatte erlaubt.

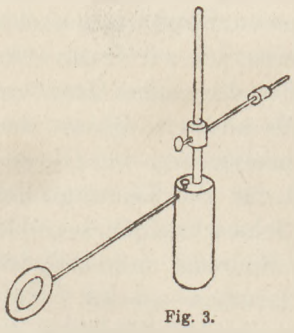


Fig. 3.

Man wird mit den Schwerkraftpendeln hier kaum was Anderes zeigen können, als dass der Lichtpunkt, wenn beide nahezu gleich gestimmt sind, mit der sich ändernden Phasendifferenz bald

mehr, bald weniger ausschlägt und zeitweise gar keine Ausschläge macht. Für die Federpendel, welche hier im Ganzen zweckmässiger sind, muss man andererseits einen rotierenden Spiegel zur Verfügung haben, den man auf den Experimentiertisch stellt, wenn sich den Pendelklötzen durch ein besonderes Tischchen die nötige Höhe geben lässt. Man kann nun zunächst das Drahtpendel für sich in Bewegung setzen und die Zuschauer direkt in den Spiegel blicken lassen. Soll die einfache Schwingungskurve, welche man sieht, in eine zusammengesetzte übergehen, so fügt man dem Pendel noch ein zweites Pendelchen bei, an dessen Ende der Platindraht glüht. Dies geschieht am einfachsten, wenn ein dünner Blechstreifen hinten verstärkt, eingeschlitzt und so unter dem Kopfe der Druckschraube befestigt wird, während man das vordere Ende umbiegt, einfeilt und durch die Öffnung und unter die federnde Endkante den Platindraht steckt (Fig. 4). Man kann hiernach dann (wieder mit dem einfachen Pendel) die Kurven objektiv zeigen, indem man das Linsenbild auf den Spiegel wirft und von diesem an den Schirm reflektieren lässt, wobei zuerst besser die Linse wieder in Ruhe bleibt und erst mitschwingt, wenn sich die zusammengesetzte Kurve bilden soll. Bei alledem muss der Spiegel sehr langsam gedreht werden, wobei es nicht leicht ist, ihn immer gleich schnell zu drehen.

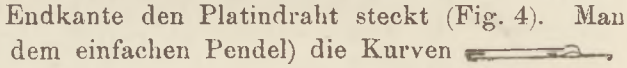


Fig. 4.

Vielleicht interessiert es noch, dass man mit den beiden Schwerkraftpendeln an je einem Klotze *B* leicht einen Apparat gewinnt, wie ihn Pfaundler für Federpendel beschrieben hat (Carls *Rep. d. Phys. X 42, 1874* oder Pfaundler, *Phys. I 754, 1881*). Man braucht nur in die horizontalen Löcher zwei Aluminiumdrähte von 20 cm Länge zu stecken, unter 45° nach oben zu biegen und mit je einer Spaltscheibe zu armieren. Diese bestehen aus 0,2 mm dickem Aluminium, sind 8,5 cm gross und mit 5,5 cm langem, 1,5 mm breitem Spalte versehen. Für objektive Darstellung würde man dann freilich noch eines Projektionsapparates bedürfen.

Für Diejenigen, welche sich den behandelten Apparat nicht selber anfertigen wollen, möchte ich den Preis seiner einzelnen Teile beifügen, für den Herr Mechaniker Wittig in Greifswald dieselben liefern will. Die Schwerkraftpendel allein, für Kreuz- und Parallelschwingungen, mit drei Laufgewichten kosten 30 M., die Federpendel bei gleicher Ausrüstung 20 M., beide Doppelpendel zusammen 44 M.; das Kaleidophon erhöht diesen Preis noch um 8 M., während es für sich mit Linse auf besonderem Fusse 12 M. kostet; zwei Kästen zur sicheren Aufbewahrung aller Armaturstücke stellen sich auf circa 5 M.

Bewegliches Dynamometer zu messenden Versuchen mit constanten und variablen Kräften.

Von
Hans Hartl in Reichenberg (Deutschböhmen).

Der im Nachstehenden beschriebene Apparat war zunächst blos als Tribometer gedacht und sollte die Grösse der Reibung während einer Bewegung mit all' ihren zufälligen Schwankungen an einer deutlich sichtbaren Skale anzeigen, bezw. an einer beweglichen Skale selbstthätig aufzeichnen. Diese Schwankungen in der Grösse der Reibung sind es, welche bei jenen Reibungsversuchen, bei denen die Reibung durch Gewichte gemessen wird, das Zustandekommen der an-

gestrebten fliessenden gleichförmigen Bewegung so sehr erschweren und entweder ein Stocken der Bewegung oder eine Beschleunigung verursachen.

Zur Vermeidung dieses Übelstandes messe ich an dem in Fig. 1 skizzierten Apparate die Reibung mittels eines selbst in stetiger Bewegung befindlichen Dynamometers, wozu ich durch das in Müller-Pouillets *Lehrbuch der Physik* angegebene Verfahren zur Bestimmung des Reibungscoefficienten zwischen Stahl und Eis angeregt wurde.

Das Dynamometer besteht aus dem viereckigen Metallrahmen *nn*, welcher mit vier kleinen Rollen auf zwei Schienen *tt* leicht beweglich aufgesetzt ist und der in der Mitte, zwischen Körnerspitzen gelagert, eine Metallrolle *r* trägt. An dieser ist ein Arm *h* mit den Metallkugeln *k* und *K* (diese abschraubbar) und ausserdem der Zeiger *Z* befestigt, dessen Doppelspitze die Skale *S* umfasst, so dass dessen Angaben auf beiden Seiten der Skale (von Schülern und Lehrer) abgelesen werden können. Die Schnur *s* ist um den Umfang der Rolle *r* gelegt und mit ihrem einen Ende daran befestigt.

Die Skale *S* ist in folgender Weise hergestellt: Man lässt das freie Ende der Schnur *s* an der linken Seite der Rolle *r* vertical herabhängen und belastet es der Reihe nach mit 5, 10, 15 . . . 250 g, wobei die Kugel *K* abgeschraubt ist. Die betreffenden Zeigerstellungen werden notiert und mit den zugehörigen Zahlen bezeichnet. Die Kugel *K* ist so bemessen, dass, wenn sie angeschraubt ist, die Zahlen der Skale den vierfachen Wert erhalten. Dadurch wird die Anwendbarkeit des Apparates zu Messungen von Kräften bis zu 1000 g, zugleich aber eine genügende Empfindlichkeit bei Bestimmung kleinerer Kräfte erzielt.

Von dem am Rahmen *nn* angebrachten Häkchen *i* geht eine Schnur σ aus, welche um die Welle *w* gewickelt und mit dem Ende daran befestigt ist. Diese Welle kann mittels der Kurbel *l* gedreht werden; durch ein auf die Wellenaxe aufgesetztes Zahnrädchen und einen dagegen wirkenden (zurücklegbaren) Sperrkegel kann die Welle und dadurch das Dynamometer am Zurückgehen verhindert werden.

Fig. 1 zeigt die Anordnung eines Versuches über gleitende Reibung. Auf das Reibungstischchen *T* wird eine Unterlagsplatte *P* fest aufgelegt und darauf der Körper *A* angesetzt, dessen Reibung gegen *P* untersucht werden soll. Hierauf wird die Schnur *s* an dem Körper *A* angebracht und die Kurbel *l* gedreht. Das Dynamometer und der Körper *A* beginnen sich zu bewegen.

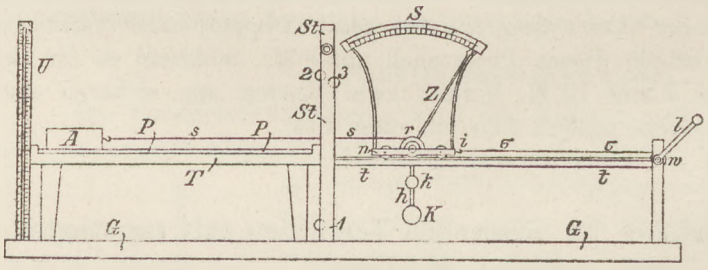


Fig. 1.

Der Zeiger *Z* zeigt zuerst die „Reibung aus der Ruhe", springt dann zurück und giebt die „Reibung während der Bewegung" an. (Ist das Gewicht des Gleitkörpers = 1 kg, so giebt die in kg ausgedrückte Zeigerstellung unmittelbar den betreffenden Reibungscoefficienten an.)

Es ist angezeigt, den Versuch zweimal durchzuführen, und die aus dem ersten Versuche erkannte mittlere Zeigerstellung während des zweiten Versuches durch einen auf der Skale aufgesetzten Index zu markieren. Dieser kann aus einem kleinen geschwärzten „Reiter" aus Holz oder Kork bestehen.

Ähnlich werden die Versuche über wälzende und Zapfenreibung, ferner über das Umstürzen eines Körpers (Stabilität) u. dgl. angeordnet.

Will man das Reibungstischchen weglassen und die Gleitplatte *P* direkt auf dem Grundbrette *G* anbringen, so muss die Schnur mittels der Rollen *2*, *3* (verschiebbar) und *1* (fest) entsprechend geführt werden. Die so erhaltenen Resultate sind jedoch mit den aus der Reibung an den Führungsrollen sich ergebenden Fehlern behaftet.

Die Unterlagsplatte *P*, der Gleitkörper *A* und die Belastung desselben werden in der üblichen Weise verändert, die letztere, um die Proportionalität zwischen Reibung und Normaldruck nachzuweisen.

In Fig. 2 ist die Construktion des selbstregistrierenden Anzeigers skizziert. Die von dem Rahmen *nn* ausgehenden, die Skale *S* tragenden Metallsäulchen *MM* haben an den einander zugekehrten Innenseiten keilförmige Rinnen, welche einer rechteckigen Blechscheibe *J* zur Führung dienen. Diese ist mittels zweier Schnürchen *1*, *2* an der (in den Säulchen *MM* gelagerten) Welle *W* aufgehangen und wird bei entsprechender Drehung dieser Welle aufwärts gewunden. Die Welle trägt aussen eine Rolle α, von welcher eine mehrmals um sie gewundene Schnur *3* ausgeht, die um die Führungsrolle β gelegt und mit ihrem Ende an dem Ständer *St* (Fig. 1) befestigt ist. Wird nun das Dynamometer wie früher in Bewegung versetzt, so wird dessen Bewegung — verkleinert in dem Verhältnisse der Durchmesser von *W* und α — auf die Blechscheibe *J* übertragen. Diese trägt eine mittels der Klammern *x* festgehaltene Papierskale, auf welcher ein am Zeiger *Z* angebrachter Stift *Y* schreibt.

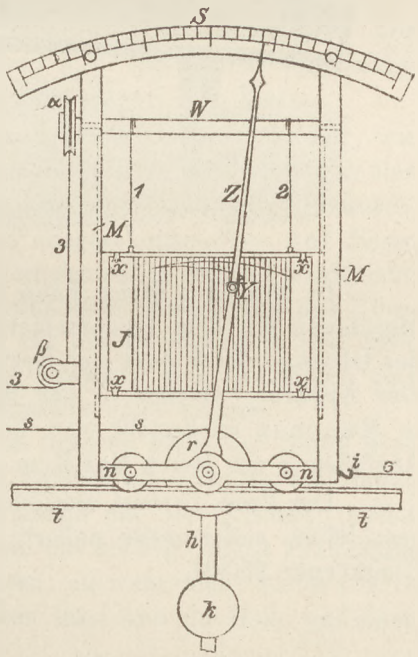


Fig. 2.

Fig. 3 zeigt die Verbindung des Dynamometers mit der schiefen Ebene. Die letztere besteht aus einem oben keilförmig gestalteten Metallstabe, der mit dem einen Ende in dem Ständer *St* (Fig. 1) gelagert ist. Von diesem Ende zählt die Centimeterteilung auf dem Stabe. Andererseits liegt der Stab auf einer Stellschraube auf, welche in dem Schlitze des Ständers *U* (Fig. 1) verschoben und in beliebiger Höhe festgeklemmt werden kann. Für jede Stellung können an der Doppelskale des Ständers *U* der Neigungswinkel und die Höhe der durch den Stab gebildeten schiefen Ebene, an dem Stabe selbst deren Länge abgelesen werden. Die Basis der schiefen Ebene ist constant, gleich 60 cm, die grösste Höhe beträgt 45 cm. Die Last, bestehend aus den bekannten Scheibengewichten, wird entweder mittels einer Rolle oder (bei Versuchen mit gleitender Reibung) mittels eines zweckmässig gestalteten Gleitkörpers, in Fig. 3 auf dem Grundbrett liegend, an der schiefen Ebene angebracht. Die von dem Dynamometer ausgehende Schnur *s* bestimmt die Kraftrichtung und kann durch die Führungsrollen *2*, *3* entweder parallel der Länge, parallel der Basis oder in beliebiger Richtung zu der Last geführt werden. Das ruhende Dynamometer zeigt die zum

Verhindern des Herabgleitens, das bewegte die zum Hinaufziehen der Last nötige Kraft an.

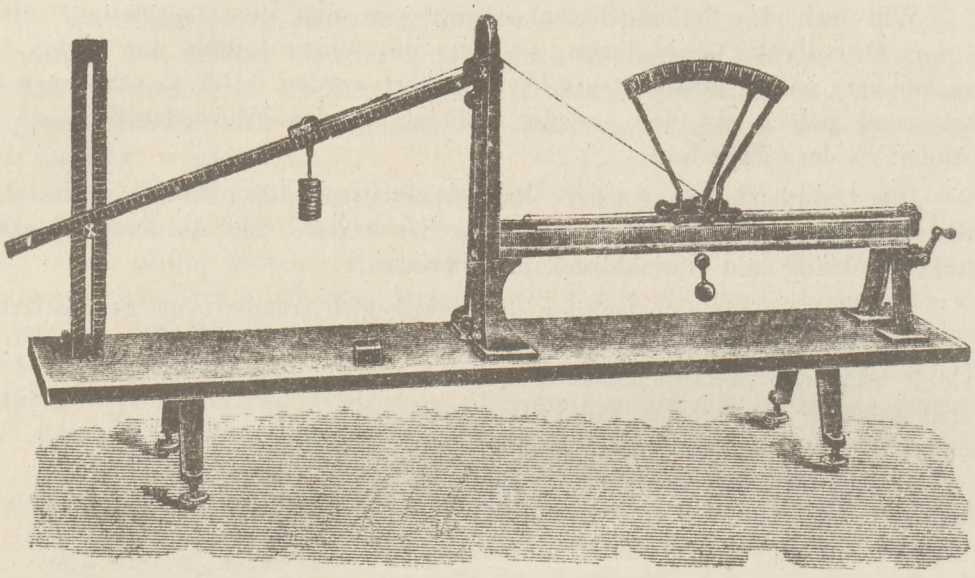


Fig. 3.

In ähnlicher Weise kann man auch andere einfache oder zusammengesetzte Maschinen mit dem Dynamometer in Verbindung bringen und die zur Erhaltung des Gleichgewichts oder zur Hervorbringung einer Bewegung nötige Kraft messen. Der Apparat, welcher in der Mathematischen Ausstellung des Jahres 1893 in München ausgestellt war, ist in der durch Fig. 3 veranschaulichten eleganten Ausführung von Herrn Max Kohl, Präcisionsmechaniker in Chemnitz, zu beziehen.

Der Preis beträgt einschliesslich dreier Gleitplatten aus Glas (einerseits matt geschliffen, andererseits poliert), Gusseisen (gehobelt) und Messing, sowie dreier Gleitkörper 250 M.

Ein Drehungs- und Trägheitsmomenten-Apparat in Verbindung mit Atwoods Fallmaschine.

Von

Professor Dr. **Alois Höfler** in Wien.

Gelegentlich der für unsere Anstalt notwendig gewordenen Neuanschaffung einer Atwoodschen Fallmaschine habe ich an dieser selbst wie an dem Drehungs- und Trägheitsmomenten-Apparat, den ich schon 1878[1]) mit der Fallmaschine in Verbindung zu bringen empfohlen hatte, einige Veränderungen anbringen lassen, von denen ich zunächst die blos die Fallmaschine in ihrer gewöhnlichen Verwendung betreffenden beschreibe.

I. 1. Die Fallmaschine hat nur Eine und zwar eine massive Säule, indem weder ein Sekundenpendel noch eine Auslösevorrichtung[2]) an ihr angebracht ist.

---

[1]) Carls *Repertorium für Instrumentalphysik XV 702—711.* — Es ist dies der Aufsatz, auf den der Herausgeber *dieser Zeitschr. (V 167, 1892)* in der die Apparate von Kopps (*ib. S. 8 ff.*) und Hartl (*ib. S. 76*) betreffenden Correspondenz hingewiesen hat.

[2]) Vgl. unten Anm. 5.

Der Zeitmessung dient das selbständige Metronom[3]); die Schnur wird mit der Hand so gehalten, dass der Träger mit dem Übergewicht an der gewünschten Stelle, also in der Regel beim Teilstrich Null steht, und sie wird im gewünschten Zeitpunkte, also in der Regel auf Null! (unter Vorauszählen nach dem Metronom: Drei, zwei, eins, Null, eins, zwei . . .)[4]) von der Hand losgelassen. — Ehe ich mich zu dieser Weglassung von Pendel- und Auslösevorrichtung auf Grund der mir allmälig angewöhnten Handhabung der alten Fallmaschine entschloss, hatte ich bei mehreren Fachgenossen angefragt, ob ein solcher Verzicht auch ihrer Praxis entspreche. Es wurde mir bestätigt, dass das Einstellen der Auslösevorrichtung mehrfache Unbequemlichkeiten ergebe, ihre Benutzung, namentlich wenn eine längere Reihe von einzelnen Versuchen angestellt werden soll, zeitraubend sei und das bei der Auslösung durch das Pendel nicht so leicht thunliche Vorauszählen namentlich bei Anfängern aus mehreren Gründen sich empfehle. — Die aus dem Einstellen und Loslassen aus freier Hand sich ergebenden Ungenauigkeiten erwiesen sich als für die Ergebnisse nicht störend.

2. Die beiden Träger der Massen und Übergewichte sind nicht nur, wie gewöhnlich, von oben durch die über die Rolle gelegte Schnur, sondern durch eine ebensolche Schnur auch von unten verbunden; um den unteren Schnurteil hindurchzulassen, ist die Säule der Fallmaschine am Fusse ausgeschnitten.[5]) — Auf diesen Gedanken einer in sich zurückkehrenden Schnur gerieten meine Schüler wiederholt, als ich sie aufmerksam machte, dass bei der gewöhnlichen Anordnung das Übergewicht der hinten weit herabhängenden Schnur für die Bewegung in der Nähe des Nullpunktes eine nicht unwesentliche Störung bewirke, also namentlich eine direkte Bestimmung des Fallraumes der ersten Sekunde nicht zulasse.

Durch die Anbringung des Ausschnittes am unteren Ende der Säule wird es auch erst möglich, den ausgezeichnet lehrreichen Versuch über das Hervorbringen einer Sinusschwingung (Analog dem bekannten Versuch mit der U-Röhre) mittels eines unter den Trägern angebrachten Kettchens, wie ihn die Fig. 148 in Pfaundlers *Lehrbuch I. Bd.* (*1886*) darstellt, bequemer auszuführen, als wenn man, wie es *a. a. O.* empfohlen ist, die Kette vor der Säule herabhängen lässt und die Rolle auf einen Vorsprung stellt.

Das Rädchen hat 5 cm Halbmesser (gleich dem der Rolle des „kleinen Gestelles", siehe unter II.); es kann sowohl in Körnerlager wie auf Friktionsrollen gelegt werden, wodurch erst der Vorteil dieser vor jenen experimentell bestätigt wird.

3. Ein Hauptaugenmerk wurde auf die Anbringung der Skalen und ihrer

---

[3]) Über die vielfache Verwendbarkeit des Metronoms vgl. dankenswerte Hinweise *dieser Zeitschr. VII 84.* Vor allem aber ersetzt es alle Sekundenpendel mit oder ohne Schlagwerk und hat vor ihnen voraus, dass es auch die so oft erwünschte Einführung kleinerer Zeiteinheiten erlaubt.

[4]) Schon von fünf zurückzählen zu lassen, wie es in *dieser Zeitschr.* (*I 206*) empfohlen wird, dürfte entbehrlich sein.

[5]) In diesem unteren Ausschnitte liesse sich, falls doch eine besondere Auslösevorrichtung (vgl. oben Anm. 2) gewünscht wird, ein dem oberen Rädchen der Fallmaschine gleichgestaltetes mit eisernen Speichen anbringen, denen Elektromagnete gegenüberstehen; sie halten das Rädchen und somit den ganzen Schnurlauf samt den Trägern fest, bis das Metronom vom ersten Schlag an den Strom unterbricht. — Da eine solche Auslösevorrichtung, welche ich selbst noch nicht erprobt habe, am untersten Teil der Maschine angebracht wäre, zöge sie nicht die Aufmerksamkeit der Schüler so sehr auf sich, wie das hoch oben an der Säule schwingende Pendel und die oft subtil eingerichtete und deshalb auch von Zwischenfällen nicht gesicherten Läut- und Hebelvorrichtungen bei den gewöhnlichen Auslösungen.

Zahlenbezeichnungen gerichtet. Aus Fig. 1 ist ersichtlich, dass den Schülern die Schmalseite der Säule zugewendet ist, und diese trägt an ihren beiden Rändern Einteilungen die einerseits nach je 1 cm[6]) andererseits nach 5, 15, 25 . . . cm fortschreiten; auf erstere beziehen sich die kleinen, schwarz gefärbten, in der Figur weggelassenen Ziffern 10, 20, 30, 40 . . ., auf letztere die grossen, weiss gefärbten (auffallenderen) **0, 1, 4, 9, 16, 25, 36.** Dem Lehrer, der zwischen Fenster und Säule steht, ist die breitere Seite der letzteren in guter Beleuchtung zugewendet; sie trägt hier nur die einfache Teilung und Numerierung nach Centimetern. Auf dieser Seite befinden sich auch die Tischchen zum Durchlassen und zum Aufhalten der Träger, die also dem Lehrer bequem zur Hand sind, während der Schüler die Träger zu beiden Seiten der Säule und das Rädchen samt Friktionsrollen ohne perspektivische Verkürzungen sieht; welche Aufstellung namentlich von Wichtigkeit wird, wenn statt des Rädchens der nunmehr zu beschreibende Drehungs- und Trägheitsmomentenapparat eingesetzt wird.

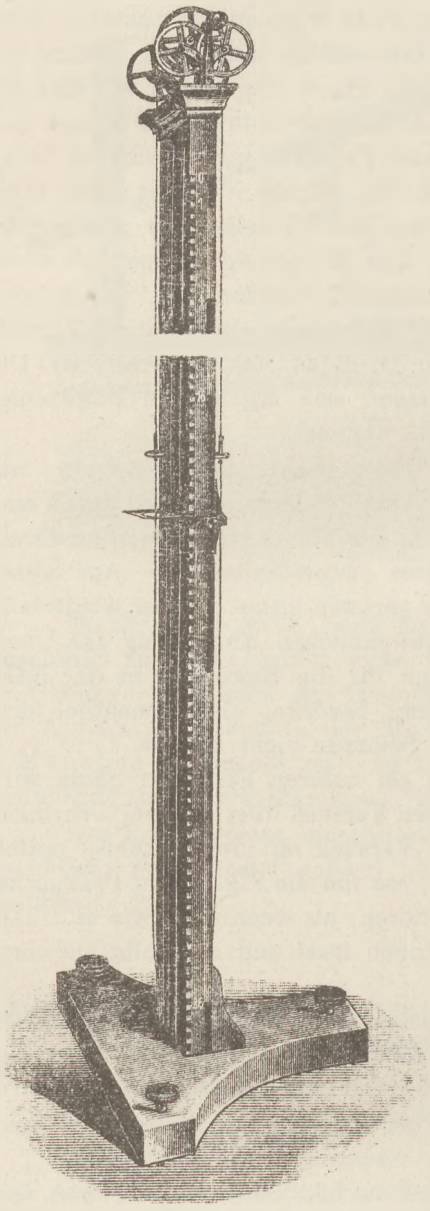


Fig. 1.

II. In der oben (Anm. 1) erwähnten Mitteilung hatte ich die Überzeugung ausgesprochen, dass man den Begriff des Trägheitsmomentes durchaus im Hinblick auf die Analogie zwischen den Formeln

$$w = \frac{k}{m} \qquad \text{und} \qquad \omega = \frac{ka}{mr^2}\ ^{7})$$

entwickeln sollte. In dem Ausdrucke für die

[6]) Unsere alte Maschine hatte noch die Zolleinteilung. Wohl in Erinnerung an den Zoll werden an neueren Fallmaschinen öfter Doppelcentimeter als Längeneinheit angebracht. Dies scheint mir aber die Confusion, in welche Anfänger ohnedies ganz oft geraten, wenn sie bald mit dem Fallraum der ersten Sekunde, bald mit der Beschleunigung, deren Maasszahl gleich der doppelten jenes Fallraumes ist, arbeiten sollen, noch bedenklich zu steigern.

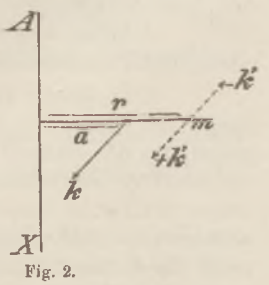


Fig. 2.

[7]) Diese Gleichung ergiebt sich am übersichtlichsten durch schrittweises Substituieren aus folgenden drei Gleichungen gemäss Fig. 2: $\omega = w/r$, wo ω die Winkelbeschleunigung, d. i. die Beschleunigung eines Punktes im Abstande 1, w die lineare Beschleunigung von m, also eines Punktes im Abstande r von der Rotationsaxe AX bedeutet; $w = k'/m$, wo k' die Kraft ist, welche, im entgegengesetzten Sinne bei m selbst an dem Systeme wirkend ($-k'$), der Kraft k das Gleichgewicht hielte; sie ist somit $k' = ka/r$ nach dem Hebelgesetze. Die allgemeine Formel $\omega = \frac{\Sigma ka}{\Sigma mr^2} = \frac{\Sigma D}{\Sigma T}$ ist dann gleichfalls in der bekannten Weise leicht zu entwickeln.

lineare Beschleunigung w ist die „Kraft“ k im Zähler das der Beschleunigung förderliche, dagegen m im Nenner das dieselbe hemmende, das Träge; und ebenso ist in dem Ausdrucke für die Winkelbeschleunigung ω das Produkt ka das der Winkelbeschleunigung des Systemes förderliche, das „Drehungsmoment“ [8]) der bewegenden Kraft, dagegen das Produkt mr^2 wieder das entgegen der Drehung sich träge verhaltende, das „Trägheitsmoment“ der zu bewegenden Masse.

Eben um dieser in den Begriffen Masse und Trägheitsmoment einerseits, Kraft und Drehungsmoment andererseits gelegenen Analogie willen schien es wünschenswert, auch äusserlich die Analogie dem Schüler dadurch so zu sagen vor Augen zu rücken, dass man sie an ein und demselben Apparat vorführt. Der Beziehung [9]) zwischen Beschleunigung, Kraft und Masse dient die Atwoodsche Fallmaschine. An ihr habe ich mittels einer Schraubenzwinge damals die höchst einfache Vorrichtung anbringen lassen, deren Einrichtung und Verwendung aus den beistehend nach Carls Repertorium reproducierten Figuren 3 ohne weitere Erläuterung ersichtlich sein dürfte. — Aber auch die Schraubenzwinge war noch eine entbehrliche Complication. Denn die Achse mit den Rollen und dem Stab zum Verschieben der Massen lässt sich ja direkt in die Zapfenlager der Fallmaschine statt des Rädchens [10]) einlegen, vorausgesetzt, dass die Säule der Fallmaschine zwischen diesen Achsenlagern einen hinreichend tiefen Ausschnitt erhält, um die Stäbe des rotierenden Systems hindurchzulassen. In diesem Ausschnitt ist ein Röllchen angebracht, das die Schnur beim Zurückwickeln aufnimmt (s. unten); so lange die Fallmaschine nur als solche, ohne den Trägheitsmomenten-Apparat gebracht wird, ist der Ausschnitt durch ein zum übrigen Gesimse passendes Einsatzstück verschlossen. (Da das Exemplar der Fallmaschine, welchem der Schraubenzwingen-Apparat angepasst wurde, die ältere Construktion der Auslösevorrichtung, eines längs der

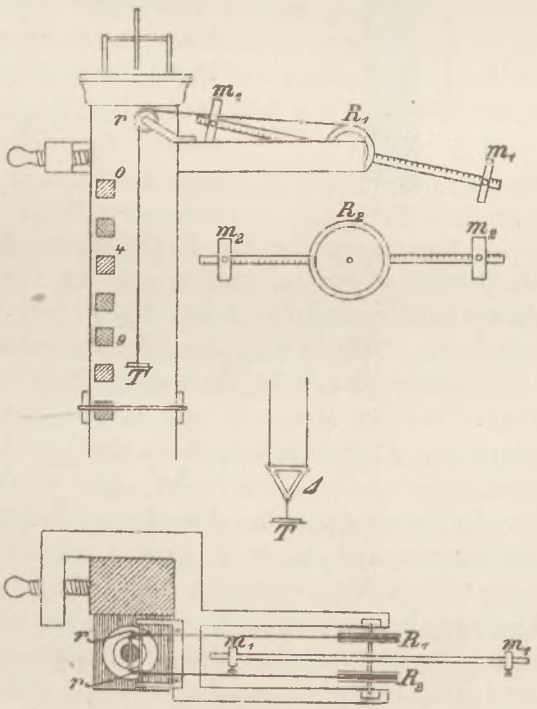


Fig 3.

[8]) So und nicht „statisches Moment“ sollte man es in Bewegungsfällen immer nennen. Vielleicht wäre „Kraftmoment“ als beiderlei Fälle umfassend und nur der obigen Analogie zwischen k und ka Ausdruck gebend noch vorzuziehen; auch der Gegensatz von „Kraftmoment“ und „Trägheitsmoment“ würde hierdurch betont. — Freilich dürfte dies nicht mit Galileis „Kraftmoment“ verwechselt werden.

[9]) Und wesentlich nur dieser Beziehung, wie in einem Aufsatze „Atwoods Fallmaschine oder Galileis Fallrinne?“ des nächsten Heftes dieser Zeitschrift besonders zu erörtern sein wird.

[10]) Pfaundler (*a. a. O. S. 300, Z. 1 v. o.*) erwähnt, dass die „gusseisernen Träger“ des Kurzschen Trägheitsmomentenapparates „mittels einer eisernen Platte auf dem Gipfel einer hölzernen Säule (etwa der Säule einer Atwoodschen Fallmaschine) aufgeschraubt sind.“ — Bei unserer Einrichtung werden die Axen der „Gestelle“ direkt in die Körnerlager oder auf die Friktionsrollen gelegt.

ganzen zu diesem Behufe hohlen Säule führenden Metallstabes hatte, wäre die Anbringung jenes Ausschnittes nicht möglich gewesen; und für Fachgenossen, welche nicht Gelegenheit haben, ihre Fallmaschine adaptieren zu lassen, mag die Schraubenzwingenform immer noch erwünscht sein.) — Als unvorteilhaft stellte es sich beim Arbeiten mit dem dargestellten Apparat heraus, dass, um einen einseitigen Druck auf die Zapfenlager zu vermeiden, zwei Rollen an einer Axe benutzt wurden; es wickelten sich nämlich die Fäden häufig auf den beiden Rollen nicht in ganz gleicher Weise auf, wodurch der an ihren unteren Enden angebrachte dreieckige Drahtbügel schief zu liegen kam. Ich habe daher jetzt nur je eine Rolle in der Mitte der Axe und symmetrisch zur Rolle zwei Stäbe zur Befestigung der Massen anbringen lassen. Hierdurch ergab sich die in Fig. 4 dargestellte Form des Apparates.

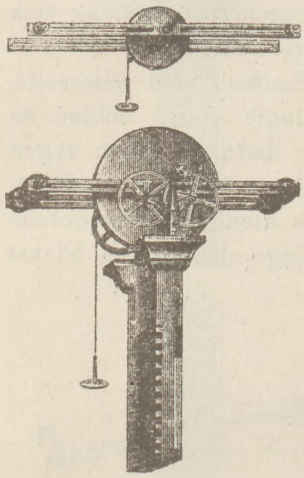


Fig. 4.

Der Apparat hat viererlei Proportionalitäten zu zeigen: die der Winkelbeschleunigung ω zur Kraft k, zum Kraftarm a, zur Grösse der in Rotation zu versetzenden Masse m und zum Massenarm r.

Zur Variierung des Kraftarmes a dienen zwei Scheiben aus Ahornholz mit den Radien $a_1 = 5$ cm und $a_2 = 10$ cm. Ihre Dicken sind so gewählt, dass ihre Massen gleich sind 50, bezw. 200 g; ihre Trägheitsmomente ($^1/_2 Ma^2$) sind sonach 625, bezw. 10000 (cm²g.) Am Umfang jeder Scheibe ist ein dünner Faden von einer Länge gleich der Höhe der Fallmaschine befestigt, welcher wie bei dieser in einen Träger von 5 g Masse für die aufzulegenden Gewichtsstücke endigt. — Ich hatte zuerst aus Ersparnisrücksichten die Scheiben zum Abnehmen von der Axe behufs Vertauschung einrichten lassen; aber es stellte sich heraus, dass es nicht nur für den Experimentierenden handlicher, sondern auch für den Mechaniker leichter auszuführen und daher im ganzen minder kostspielig ist, wenn jede Scheibe mit ihren Stäben fest verbunden bleibt; so dass zwei selbstständige „Gestelle“ für den Kraftarm 5 cm, bezw. 10 cm vorhanden sind, die wir kurz „das kleine“ und „das grosse Gestell“ nennen wollen. — Als Stäbe wurden Aluminiumstreifen von $2l = 44$ cm Gesamtlänge (22 cm von der Axe an), 0,3 cm Dicke und 2 cm Breite, von welcher 0,4 cm auf die Breite eines bis nahe an die Axen und nahe an die Enden reichenden Längsschlitzes entfallen, gewählt; die Masse je eines Stabes ist 60 g, sein Trägheitsmoment ist somit in der ersten Annäherung $22^2 \cdot 60 : 3 = 9680$ (cm,g) [nach $Ml^2/3$], genauer 9700 [nach $M(l^2 + b^2)/3$, wo $b = 1$ cm]. Es kommen noch hinzu die Trägheitsmomente der Stahlaxe von $r = 0{,}3$ cm und $M = 27$ g und zweier die Holzscheibe an den Axen haltenden Messingscheibchen von $r = 0{,}4$ cm und zusammen $M = 21$; sie betragen nach $^1/_2 Mr^2$ nur 1,22, bezw. 20,58, also zusammen 21,8 (cm,g). Der wahre Wert des Trägheitsmomentes je eines Stabes ist noch grösser als 9722, da infolge des Schlitzes die Masse von 60 g durchschnittlich noch etwas mehr von der Axe absteht. Wir können daher die Trägheitsmomente so abrunden:

für das kleine Gestell: $625 + 2 \cdot 9722 \doteq 20000$ (g,cm); Diff.: $>$ 69, d. i. 0,3%,

„ „ grosse „ : $10000 + 2 \cdot 9722 \doteq 30000$ (g,cm); Diff.: $<$556, d. i. 2%.

Die letzteren 2% oder der noch kleinere wirkliche Abgang auf 30000 können, wo es wünschenswert erscheint, durch eine an dem grossen Gestell ein für allemal anzubringende corrigende Masse vollends ausgeglichen werden.

Als Massen verwende ich jetzt (statt der in Fig. 3 angedeuteten prismatischen und später vorübergehend benutzten kugeligen Massen) die runden Messinggewichte von der Fallmaschine selbst, welche behufs Auflegen auf die Träger der Fallmaschine mit einem radialen Schlitz versehen sind. Diese Massen können an der inneren (der Rolle zugekehrten) Seite der Stäbe mittels einer durch den Mittelpunkt der Masse und durch den Schlitz nach aussen gehenden Schraubenspindel mit Querarm, an die von aussen eine Schraubenmutter angezogen wird, an jeder Stelle des Aluminiumstabes, der zu diesem Behufe eine Centimeterteilung trägt, befestigt werden. Diese Befestigungsvorrichtung (Spindel und Mutter zusammen) hat je eine Masse von 10 g; sie muss hinzugerechnet werden zu den aufzuschraubenden Massen, nicht zu den der Gestelle. Die Schlitze der Massen werden nach aussen (von den Axen weg) gerichtet, um ein Weggeschleudertwerden infolge Centrifugalkraft durch den Druck der Massen gegen die Spindel zu vermeiden; auch wird so die Annäherung, die scheibenförmige Masse in der Spindel concentriert zu denken, eine bessere, indem der grössere Abstand der jenseits der Spindel liegenden Massenteile durch das Fehlen von Masse im Schlitz des Gewichtsstückes compensiert wird.

Bringen wir z. B. die stärkste vorkommende Belastung durch je vier Massen von $(100 + 10)$ g in je 20 cm Abstand von der Axe an, so haben sie zusammen ein Trägheitsmoment von $4 \times 110 \times 20^2 = 176000$ (cm,g) — ein Betrag, gegen welche die obigen Abrundungen von ≥ 69 und < 556 völlig für die Beobachtungen verschwinden. Aber auch z. B. bei den kleineren Massen zu 50 g und Abständen zu 10 cm ist $4 \times 60 \times 10^2 = 24000$ zusammen mit 20000, bezw. 30000 (cm,g) der Gestelle noch so gross, dass jene Annäherungen ganz berechtigt sind, wie sich auch bei den wirklichen Versuchen bestätigt.

Die Versuche betreffs der oben angeführten viererlei Proportionalitäten werden — hier wie überall, wo es gilt, einen der gewöhnlichen Auffassung etwas ferner liegenden Begriff zunächst erst so zu sagen qualitativ einzuführen und dann erst quantitativ zu präcisieren — zuerst als Vorversuche und dann erst als im strengeren Sinne messende vorzuführen sein. Auch bei den ersteren liegen wieder nicht alle vier Abhängigkeiten der natürlichen Erwartung gleich nahe. Geradezu selbstverständlich scheint, dass 1) bei stärkerer Beschwerung der Träger die Gestelle ohne oder mit bestimmter Belastung „schneller", das will heissen, mit grösserer Winkelbeschleunigung rotieren werde. 2) Von den leeren Gestellen, die nur durch die an den leeren Trägern von je 5 g Massen angreifende Schwere bewegt werden, rotiert das grössere schneller — der zweimal so grosse Kraftarm „giebt also mehr aus", als die infolge grösserer Scheibenmasse jedenfalls grössere „Trägheit" der in Bewegung d. h. in Winkelbeschleunigung zu versetzenden Massen des grossen Gestelles im Vergleich zum kleinen. 3) Bei Belastung der Stäbe durch immer grössere Massen wird natürlich wieder immer kleinere Beschleunigung erwartet — also auch für das Rotieren machen sich die Massen als „träge" geltend. Dieser Gedanke verdichtet sich so zu sagen bis zur Bildung des — dem „Kraft-Moment" nachgebildeten — Begriffes eines Trägheits-Momentes, indem wir 4) dieselben Massen in verschiedene Abstände von der Axe rücken, ihnen verschiedenen „Massenarm" geben; es ist hierbei jedenfalls für den Lehrer belehrend, zu beobachten, ob auch hier noch die Schüler das Richtige im voraus vermuten und mit welchem Grade der Zuversicht sie es thun; dass sich die Erschwerung des Eintretens einer gewünschten Winkelbeschleunigung sogar nach

dem Quadrate des „Massenarmes“ geltend mache, dürfte nicht allzu oft und sicher erraten werden.[11]) In eben diesem Neuen, Unerwarteten ist denn aber auch der für das Interesse des Schülers wirksamste Übergang dazu gegeben, jene vier Zusammenhänge als bestimmte Funktionsbezeichnungen aufzustellen.

Hierfür erscheint es mir nun geraten, zwischen die genannten Vorversuche und die messenden Versuche die oben (Anm. 7) gegebene deductive Entwickelung der Gleichung $\omega = ka/mr^2$ einzuschieben und die den viererlei Grössen entsprechenden Versuchsreihen nur als experimentelle Bestätigungen, nicht als Ausgangspunkt für eine blos empirische Definition des Trägheitsmomentes, vorzuführen; auf einer Unterrichtsstufe, welche für die Logik eines solchen Vorgehens nicht reif wäre, wird ja auf den Begriff des Trägheitsmomentes überhaupt nicht eingegangen. — Sei es aber, dass man diesen oder jenen Weg einschlagen will — vor allem bedarf noch der Begriff der Winkelbeschleunigung selbst, der sich bei den Vorversuchen dem Schüler allmälig aufgedrängt hat, der quantitativen Präcisierung. Dass auch diese rein phoronomische Grösse in sozusagen sinnenfällige Analogie zur gleichfalls rein phoronomischen (von den Begriffen der Kraft und Masse ganz unabhängigen) linearen Beschleunigung tritt, scheint mir ein womöglich noch wichtigerer Vorteil der Anbringung der rotierenden Systeme an der Fallmaschine, als die dynamischen Analogieen zwischen D und k, T und m. Wie nämlich der Schüler gelernt hat, aus den Falltiefen an der Skale der Fallmaschine auf die Beschleunigungen zu schliessen, z. B. aus dem Fallraum $a = 5$ cm der 1. Sekunde auf die Beschleunigung 10 (cm, sec), so gibt ja jetzt die Falltiefe auch die Länge des Fadens an, der sich abgewickelt hat, hierin aber auch die Bogenlänge, die ein Punkt des Umfangs zurückgelegt hat. Und da auch der Radius der kleinen Scheibe $a_1 = 5$ cm ist, so hat sich bei jenem Fallraum $a = 5$ cm das System um die absolute Winkeleinheit (Bogen gleich dem Radius)[12]) gedreht; ist dies bei gleichmässiger Beschleunigung in 1 sec geschehen, so ist die Winkelbeschleunigung 2 (sec).

Wie gross weiter die lineare Beschleunigung w ist, welche eine gegebene Kraft an einer gegebenen Masse hervorbringt, wird an der Fallmaschine ermittelt aus $w = 2s/t^2$, wo als s am besten der grösstmögliche Fallraum, also an unserer Säule 180 cm, angewendet und nun die zugehörige Fallzeit t beobachtet wird. Hat man umgekehrt aus Kraft und Masse die Beschleunigung voraus berechnet, so liegt die Bestätigung der Rechnung in der Beobachtung von t nach $t = \sqrt{2s/w}$; also bei $s = 180$ cm muss $t = \sqrt{360/w} = 6\sqrt{10/w}$ sein. — Ebenso ist für die Winkelbeschleunigung $\omega = w/a$

$$t = 6\sqrt{10/a\omega} = 6\sqrt{10/(a^2p : T)} = 6/a\sqrt{10T/p},$$

wo p das in Dyn auszudrückende Gewicht der Träger ohne, bezw. mit Zuleggewicht ist. —

---

[11]) Als eine gute Probe dafür, inwieweit der Begriff des Trägheitsmoments im Schüler bereits lebendig geworden ist, benutze ich seit langem die Frage: Warum ist eine massive Thür schwerer zu öffnen als eine leichte? So lange die Antworten nur lauten: Grösseres Gewicht, grössere Reibung an den Angeln u. dgl., fehlt noch zum Begriff „Trägheitsmoment“ die Anschauung.

[12]) So sollte man meines Erachtens die absolute Winkeleinheit definieren, nicht wie gewöhnlich durch den Bogen Eins in Kreis mit dem Radius Eins, was unnötig den Schein erweckt, als sei die Winkeleinheit von der Längeneinheit abhängig. Oder aber es müsste zum mindesten, wenn man schon jene Definition vorzieht, auf diese Unabhängigkeit besonders hingewiesen werden.

Speciell für das leere kleine, bezw. grosse Gestell- und die unbelasteten Träger zu je 5 g ergiebt die Rechnung:

$$t = \frac{6}{5}\sqrt{\frac{200000}{5.981}} = 7{,}66 \text{ sec}; \qquad t = \frac{6}{10}\sqrt{\frac{300000}{5.981}} = 4{,}69 \text{ sec};$$

bei den entsprechenden Versuchen wurden die Fallzeiten nach den Secundenschlägen des Metronoms gezählt und überdies bis auf Drittelsekunden geschätzt.

Will man sich mit der Schätzung des Zeitpunktes des Aufschlagens innerhalb der letzten Sekunde nicht zufrieden geben, so kann man auch das Tischchen soviel über 180 cm stellen, dass der Zeitpunkt des Aufschlagens möglichst genau mit einem Schlage des Metronoms coincidiert. So ergab sich bei einigen Versuchen teils nach der einen, teils nach der anderen Methode:

Für das kleine, leere Gestell und den leeren Trägern von 5 g bei $s = 180$ cm: $t = 7^1/_3$, $7^2/_3$, $7^2/_3$ sec. — Für das grosse Gestell bei Belastung durch die 4 Massen von je 100 g (samt Träger 110 g) mit dem Massenarme 20 cm und Falltiefe 180 cm fordert die Rechnung $t = 12{,}3$ sec; es wurden wiederholt $12^1/_3$ geschätzt. Damit $t = 12$ sec werde, musste $s = 171{,}4$ cm werden; desgleichen für $t = 10$ sec $s = 119{,}05$ cm. Durch Einstellung der Plättchen bei den berechneten Stellen der Säule und Eintreffen des Trägers bei den verlangten Secundenschlägen ist die Gleichmässigkeit der Beschleunigung erwiesen.

Bei dem Anschrauben der Massen an die Stäbe ist in den bisher besprochenen Versuchen natürlich immer darauf zu achten, dass das Gleichgewicht des Systems ein indifferentes ist (für die Anbringung der Masse an die Gestelle ist es bequem, diese in einen hierfür vorbereiteten Block mit zwei Achsenlagen zu legen); ist die Forderung nicht erfüllt, so wird die Winkelbeschleunigung nicht eine gleichmässige, sondern eine abnehmende sein, wenn die überlastete Hälfte der Stäbe im Steigen, eine zunehmende, wenn diese im Sinken ist. — Werden solche Ungleichheiten absichtlich hervorgebracht, so zeigt sich mehr und mehr die Drehung infolge sinkenden Gewichts superponiert über eine Pendelbewegung. So ist der Übergang zur Demonstration der Gesetze des physischen Pendels nach $\tau = \pi\sqrt{\Sigma m r^2 / g \Sigma m r}$ gegeben; werden z. B. die Massen von je 100 g am einen Ende der Stäbe befestigt, so stellen sie annähernd mathematische Pendel dar, die ausser ihrer eigenen Masse die zur Beschleunigung nichts beitragende des Gestelles zu bewegen haben — also wieder eine sofort zu durchschauende Superposition von Wirkungen. —

Die bisher beschriebenen Teilvorrichtungen und Versuche beziehen sich auf die Trägheitsmomente punktuell gedachten Massen. — Es lassen sich aber auf die Aluminiumstäbe mittels der beschriebenen Befestigungsvorrichtung auch bequem Platten, Ringe u. dgl. aufschrauben (ähnlich wie an Hartls Apparat, *diese Zeitschr. V 76*). Ich habe vorläufig anfertigen lassen: zwei kreisförmige Scheiben vom Radius 20 cm, eine rechteckige von den Seiten 40 cm und 10 cm, eine schmale ringförmige vom mittleren Radius 20 cm. Die Massen sind überall 300 g.

Die Gestelle mit oder ohne aufgeschraubte Masse lassen sich auch von der Fallmaschine abnehmen und mit den Axen auf den „Schienenapparat“[18]) legen, womit die Versuche über die Abhängigkeit des Rollens über schiefe Ebenen vom Trägheitsmomente des rollenden Körpers in grosser Mannigfaltigkeit auszuführen sind.

Schliesslich ergiebt sich bei der gewöhnlichen Handhabung des auf der

[18]) Vgl. das nächste Heft dieser Zeitschrift. Dort sollen auch die ebenfalls mit der neuen Fallmaschine in Verbindung zu setzenden gekrümmten Schienenbahnen (für die Erläuterung der Pendelgesetze) beschrieben werden.

Fallmaschine angebrachten Apparates ganz von selbst noch eine von den bisherigen unabhängige Verwendung, nämlich die zur Vorführung des Gesetzes der Erhaltung der Energie. Haben sich nämlich die Fäden ganz abgewickelt, so dreht sich das System mit der bis dahin erreichten grössten Geschwindigkeit weiter, und die Fäden wickeln sich an der Rolle im entgegengesetzten Sinne wieder auf, das Gewicht wird wieder gehoben. (Damit der Faden hierbei an den Kanten des oberen Ausschnittes der Fallmaschine sich nicht reibe, ist hier ein Röllchen angebracht, das den Faden beim Zurücklaufen der Rolle aufnimmt. Es wird, wenn es nicht gebraucht wird, gegen die Mitte der Säule hin zurückgeschoben.) Ist der Schüler einmal auf diesen Vorgang aufmerksam geworden, so erkennt er in folgendem den angemessenen Ausdruck für die Erscheinung: Beim ersten Aufwickeln der belasteten Fäden hat der Experimentierende Arbeit geleistet, als Aequivalent dafür, dass für das Vergrössern des Abstandes zwischen Gewicht (genauer: Gewichtsstück) und Erde „Arbeit verbraucht" wurde, besitzt jetzt das Gewicht „Energie der Lage." Beim Sinken erhält es Energie der Bewegung, teils in der Translation der sinkenden Masse, teils in der Rotation der sich drehenden Massen. Beim Weiterrotieren setzt sich letztere kinetische Energie wieder in potentielle um u. s. f.; was der Lehrer oder ein Schüler in der Musse jeweilig mit den Worten begleiten kann: Jetzt (beim Fallen) verwandelt sich potentielle Energie in kinetische, jetzt (beim Steigen) kinetische in potentielle u. s. f. —

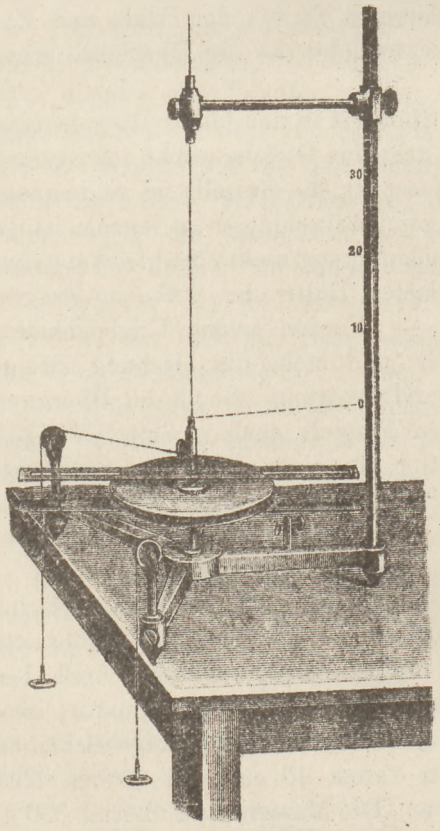


Fig. 5.

Bei diesen Versuchen tritt die Bedeutung des Trägheitsmomentes nach dem Principe des Schwungrades am augenfälligsten bei der Anbringung des Ringes von 20 cm Radius und 300 g Masse hervor.

III. Die bisher beschriebenen Vorrichtungen und Versuche waren unabhängig von dem nunmehr noch zu besprechendem, in Fig. 5 dargestellten Apparat, mittels dessen sich die Trägheitsmomente der auf die beschriebenen Weisen zu belastenden Gestelle durch Schwingungen kund geben. Die Axe des Gestelles steht hier vertical und ruht entweder auf einem in der Mitte des Dreifusses angebrachten Achatlager oder ist von oben durch eine Hülse festgehalten, welche an den auf ihre Torsionselasticität in Anspruch zu nehmenden Drähten oder Fäden hängt. Auch das Trägheitsmoment des Rädchens der Fallmaschine kann so experimentell bestimmt werden. Die Drähte können von 0 bis 50 cm lang gewählt werden, indem der Querarm an einem entsprechend geteilten Längsstab einzustellen ist. Als bewegende Kraft kann ausser dieser Torsionselasticität auch die Elasticität einer Uhrfeder (Fig. 6) zur Anwendung gebracht werden, in welchem Falle der Apparat als Modell für das Princip der Federuhr dienen kann. Zu den Schwingungsver-

Fig. 6.

suchen kommen noch statische über das Drehungsmoment von Kräften, die tangential zum Umfang der kleineren und der grösseren Rolle angreifen, zu welchem Behufe zu beiden Seiten Röllchen angebracht sind, über welche die von den Rollen kommenden Fäden gelegt und mit Gewichten belastet werden können. (Nachträglich wurden diese Röllchen statt an den aus der Fig. 5 ersichtlichen Stellen an einer Schiene angebracht, die unter der Mitte des Dreifusses so drehbar ist, dass die Fäden sowohl bei der kleinen wie bei der grossen Scheibe antiparallel am Umfang wirken. Es wird so vermieden, dass die beiden Kräfte eine Resultierende geben, welche das Gestell zur Seite zieht, was zwar nicht störend ist, wenn die Axe des Gestelles im Achatlager steht, wohl aber, wenn das Gestell frei an dem Drahte hängt.) Die Grösse der Verdrehung des Systemes bei letzterem statischen Versuch oder bei den drehenden Schwingungen werden durch einen an dem einen Aluminiumstreifen anzubringenden Papierzeiger, der vor einem (in der Figur weggelassenen) cylindrischen Scalenstreifen spielt, abgelesen.

Es bedarf hier keiner weiteren Ausführung, wie mannigfach die Versuche bei den verschiedenen möglichen Combinationen der unter I., II., III. beschriebenen Teilvorrichtungen variiert und wie für numerische Aufgaben die experimentellen Bestätigungen ohne Zeitverlust gewonnen werden können; und ohne derlei Bestätigungen sollte gar keine physikalische Rechnung vom Schüler verlangt werden. Auch brauche ich nicht besonders hervorzuheben, wie nahe sich die Construktion der Apparate sowohl als auch ihre didaktische Ausnutzung mit den Vorschlägen von Koppe, Hartl und Noack im vorigen Jahrgang *dieser Zeitschrift* nach verschiedenen Richtungen berühren; nur die ausdrücklichste Zustimmung zu den allgemeinen Ausführungen Koppes über die natürlichste Definition des Trägheitsmomentes möchte ich, sofern sie nicht aus dem eingangs Gesagten erhellen sollte, hier noch aussprechen. — Dass ich den Drehungs- und Trägheitsmomenten-Apparat[14]) der Fallmaschine wie äusserlich so auch an Wichtigkeit zur Seite stelle, würde sich freilich erst ganz rechtfertigen, wenn im Unterricht der Mechanik starrer Systeme die duale Zuordnung von Translationen und Rotationen mehr als üblich zur Geltung gebracht würde. Aber auch ohne solche weitergehende theoretische Absichten dürfte der Vorgang, die drei Vorrichtungen (zusammen mit dem in Anm. 13 erwähnten Schienenapparat) in der angedeuteten Weise in ihren Wirkungen sich teilweise ersetzen und gleichsam controllieren zu lassen (was eine möglichst sorgfältige Ausführung der Apparate voraussetzt), entsprechend mehr leisten, als ein isolierter Trägheitsmomenten-Apparat: nämlich den Schüler wie von selbst die Abstraktionen, welche in Begriffen, wie Masse, Trägheitsmoment u. s. w. sich als ein Bedürfnis des die Erscheinungen analysierenden Denkens erwiesen haben, unter den anschaulichen Bildern des Bleibenden im Wechsel von nicht zu weiten, aber auch nicht zu engen Kreisen von Erscheinungen zu erfassen aneifern.

[14]) Die Apparate sind vom Mechaniker W. Ph. Hauck (Wien) hergestellt. Die Fallmaschine kostet 200 Kronen, der Drehungs- und Trägheitsmomentenpparat (das „grosse und kleine Gestell“) 60 Kronen, der Torsionsapparat 80 Kronen.

Physikalische Aufgaben.

23. *Aufgabe:* Welche Kurve stellt die Linsenformel $1/a + 1/b = 1/f$ (a Objekt-, b Bild-, f Brennweite) in rechtwinkligen Coordinaten nach a und b dar?[1])

Auflösung: Eine gleichseitige Hyperbel mit den Asymptoten $a = f$ und $b = f$ und dem einen Scheitel $a = 0$, $b = 0$.

24. *Aufgabe*: Welcher Beschränkung unterliegen negative (virtuelle) Bildweiten?

Auflösung: Damit das Bild überhaupt wahrgenommen werden kann, muss $-b \leqq s$ (s deutliche Sehweite) sein. Hält man das Auge an die Linse, so muss $-b = s$ sein.

25. *Aufgabe*: Welches ist der charakteristische Bestandteil des Fernrohrs und des Mikroskops?

Auflösung: Die Objektivlinse; sie giebt im Allgemeinen schon allein eine Vergrösserung. Das Ocular dient nur als Lupe.

26. *Aufgabe*: Welches ist der qualitative Unterschied zwischen Fernrohr und Mikroskop?

Auflösung: Beim Fernrohr ist die Objektweite a constant (für eine bestimmte Beobachtung), beim Mikroskop in gewissem Umfange beliebig. Daher wird bei dem ersteren die Vergrösserung durch den Sehwinkel bestimmt: $V = (b : s) : (a : (a + b + s))$, beim letzteren durch das Grössenverhältnis zwischen Bild und Objekt: $V = b : a$.

27. *Aufgabe:* Wie kann man ein Mikroskop mit aufrechtem Bilde aus zwei Linsen construieren? (Doublet ausgeschlossen.)

Auflösung: Man verbindet eine Convexlinse mit einer Conkavlinse wie beim holländischen Fernrohr.

Kuhfahl, Landsberg a. W.

---

28. Physikalische Aufgaben für einen Lehrgang über gleichförmige und ungleichförmige Bewegungen.

In meiner Aufgabensammlung[2]) ist die Reihenfolge der Aufgaben durch die Abstufung nach verschiedenen Klassen und durch die Anordnung des Physikunterrichts bestimmt. Davon vielfach abweichend ist im nachstehenden Beispiele für die Oberstufe, die Klassen von Obersecunda aufwärts, in einer Reihe von Aufgaben ein Lehrgang zusammengestellt, in welchem ein einzelner Abschnitt der Physik nach seinen verschiedenen Seiten zur Geltung gebracht und erschöpft wird.

Als erste und für das bezeichnete Thema einleitende Aufgaben werden einige über gleichförmige Bewegungen vorangestellt, z. B. über die Wege einer Kanonenkugel, eines Eisenbahnwagens, über die Umlaufsgeschwindigkeit der Erde, ihre Drehungsgeschwindigkeit in gegebener Breite und ähnliche, wie sie u. a. in den Aufgaben 10 bis 21 der vorher erwähnten Sammlung vorkommen und auf einer früheren Stufe schon gelöst werden konnten. Sie sind leicht zu erledigen und bilden doch durch den Gegensatz ein nahe liegendes und wertvolles Hilfsmittel für die richtige Auffassung der ungleichförmigen Bewegung, welche in den Erscheinungen des Falls einen ebenso umfangreichen wie brauchbaren Übungsstoff findet. Im Anschluss an die frühere ausführliche Darlegung der beiden Gesetze über die Fallräume und die Zunahme der Geschwindigkeit mit der Fallzeit werden über den Fall zunächst solche Aufgaben gestellt, die sich unmittelbar an die Gesetze anlehnen und nur eine gegenseitige Ableitung der Formelgrössen von einander verlangen.

1. Wie gross ist die Endgeschwindigkeit, der ganze Fallraum, der Fallraum in der 5. und in der 8. Secunde bei einem Körper, der 8 Secunden lang frei herabfällt?

Resultat: Die Endgeschwindigkeit = 78,48 m, der ganze Fallraum = 313,6 m, der Fallraum in der 5. Secunde = 44,1 in der 8. Secunde = 73,5 m.

2. Wieviel Secunden beträgt die Fallzeit eines Körpers, der eine Fallgeschwindigkeit von 1000 m besitzt? Welchen Weg hat er während des Fallens zurückgelegt?

---

[1]) Vgl. *diese Zeitschr. VII 247.*

[2]) Berlin 1892, bei J. Springer.

Resultat: 102 Secunden. 50980 m.

3. Mit welcher Geschwindigkeit müsste ein Wassertropfen aus einer Regenwolke von 800 m Höhe herabfallen, wenn er durch den Widerstand der Luft nicht gehindert würde? (Führt zur Ableitung der Formel $v = \sqrt{2gh}$.)

Resultat: 125,2 m.

4. Das elektrische Chronoskop zeigte 0,64 Secunden an, als eine Kugel 4 m herabgefallen war. Wie gross war die Fallbeschleunigung?

Resultat: 9,76.

Hierauf werden andere Beschleunigungen mit der Fallbeschleunigung verglichen.

1. Eine Kugel verlässt das 3 m lange Kanonenrohr mit einer Geschwindigkeit von 550 m, wie gross war die als gleichmässig vorausgesetzte Beschleunigung durch die Pulvergase?

Resultat: $\sqrt{2lx} = v$, also $x = 50417$ m.

2. Eine Lokomotive hatte auf ebener Bahn nach 40 Secunden eine Strecke von 500 m zurückgelegt, wie gross war die Beschleunigung und wie gross die Endgeschwindigkeit?

Auflösung: Die Beschleunigung erhält man aus $^1/_2 x = s/t^2$, also $x = {}^5/_8$ m und daraus die Endgeschwindigkeit = 25 m.

3. Mit welcher Endgeschwindigkeit würde ein Körper aus der Entfernung des Mondes von 51800 geographischen Meilen auf die Erde herabfallen, wenn er einer gleichmässigen Beschleunigung von 0,01 m unterworfen wäre?

Resultat: 2773 m.

Von den Veränderungen der Fallbeschleunigung ist nur ihre Verminderung in Betracht gezogen und es sind drei Fälle dabei zu unterscheiden:

Verminderung der Fallbeschleunigung a) durch die Vergrösserung der zu bewegenden Masse (Atwoods Maschine); b) durch den Widerstand einer schiefen Ebene; c) durch den Widerstand der Luft.

Für a) empfehle ich die folgenden Beispiele:

1. Die beiden einander gleichen Gewichte an Atwoods Fallmaschine sind je 250 g, das Übergewicht ist 5 g schwer, wie gross wäre, von der Reibung abgesehen, der Fallraum in der ersten Secunde?

Resultat: $^1/_2 g \,.\, 1/101 = 4{,}8$ cm.

2. An Atwoods Fallmaschine fiel das Übergewicht in 5 Secunden $122^1/_2$ cm, in 6 Secunden 176 cm herab. Wie gross war die in beiden Fällen gleiche Beschleunigung?

Resultat: $^1/_2 x \,.\, 5^2 = 245/2$ oder $x = 9{,}8$ cm $= 0{,}098$ m.

3. Welches ist bei einer Beschleunigung von 0,098 m das Verhältnis des Übergewichts zu der ganzen zu bewegenden Masse?

Antwort: $u/(u + 2p) = 1/100$.

4. Wie gross muss bei Atwoods Maschine der Fallraum in der ersten Secunde sein, wenn für die ganze Fallhöhe von 2,43 m 9 Secunden Fallzeit nötig sein sollen? Welches Verhältnis zwischen dem Übergewicht und der ganzen zu bewegenden Masse ist dadurch bedingt?

Auflösung: $2{,}43 = 81\, x/2$ ergiebt 3 cm für $^1/_2 x$. Also ist $u/(2p + u) = 3/490{,}5 = 1{:}163^1/_2$.

5. Welchen Weg hat ein Übergewicht von 1/100 der zu bewegenden Masse bei der Fallmaschine nach 3 Secunden zurückgelegt, und wie tief würde das belastete Gewichtsstück nach 8 Secunden gefallen sein wenn man nach 3 Secunden das Übergewicht weggenommen hätte?

Antwort: 44,1 cm und 191,1 cm. (Schluss folgt.)

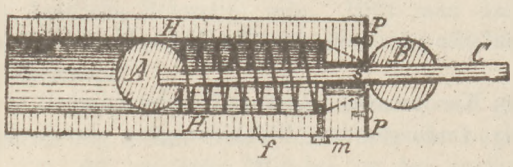
W. Müller-Erzbach, Bremen.

Kleine Mitteilungen.

Ein Wurfapparat.

Von **Hans Hartl** in Reichenberg (Deutschböhmen).

Die nebenstehende Figur erläutert die Einrichtung einer einfachen und wohlfeilen Vorrichtung, mittels welcher nachzuweisen ist, dass ein horizontal geworfener Körper in derselben Zeit die gleiche Höhe durchfällt wie ein freifallender Körper. Die Vorrichtung besteht aus einer vornen (in der Figur links) offenen hölzernen Hülse *H*, in welche ein Metallrohr eingezogen und eine Spiralfeder *f* mittels der Schraube *m* befestigt ist. Der rückwärtige Boden der Hülse ist, wie durch die punktierten Linien in der Figur angedeutet ist, conisch durchbohrt und aussen mit einer aufgeschraubten ringförmigen Messingplatte *P* bedeckt, deren Öffnung der Bohrung des Hülsenbodens entspricht und etwas grösser ist als der Querschnitt des Stahldrahtes *C*. Dieser ist mit dem einen Ende in der Kugel *A* verschraubt, während das andere Ende aus dem Hülsenboden herausragt. Bei *s* hat dieser Draht einen etwa 1,4 mm tiefen Einschnitt. Auf das freie Ende des Drahtes kann die durchbohrte Kugel *B* gleitend aufgesetzt werden. Die Länge des Drahtes *C* ist so bemessen, dass, wenn die Kugel *A* so weit nach vorn gebracht wird, dass ihr grösster Kugelkreis in die Mündung der Hülse *H* fällt, das freie Ende von *C* nur noch 1 mm über die Messingplatte *P* hinausragt.



Drückt man nun die Kugel *A* mit dem Finger in die Hülse, so wird die Spiralfeder *f* gespannt, und man kann die Feder gespannt erhalten, indem man den Einschnitt *s* in den von innen zugeschärften Rand der Platte *P* einschnappen lässt. Nun setzt man die Kugel *B* auf den Draht *C* und hält die Hülse horizontal in die Höhe[1]). Ein sanfter Druck auf *B* beseitigt die Hemmung. Die Feder schnellt kräftig vor und wirft die Kugel *A* (samt dem Cylinder *C*) horizontal nach vorn. In dem Augenblicke, in welchem *A* die Mündung der Hülse *H* passiert, also die Wurfbewegung beginnt, verschwindet *C* in der Hülse, und die Kugel *B* fällt, ihrer Unterstützung beraubt, frei herab. Das Aufschlagen beider Kugeln auf dem horizontalen Fussboden erfolgt gleichzeitig. — Um zu zeigen, dass dieses gleichzeitige Durchfallen gleicher Höhen nur beim horizontalen Wurfe stattfindet, macht man weitere Versuche, bei denen man die Hülse *H* nach aufwärts oder nach abwärts neigt. Es zeigt sich dann, dass die geworfene Kugel später, beziehungsweise früher auf dem Boden ankommt als die freifallende. Diese Vervollständigung des Versuches ist gewiss nicht unwichtig. Den kleinen Höhenunterschied der Ausgangspunkte kann man dadurch ausgleichen, dass man die eine Kugel auf den Fussboden, die andere auf ein entsprechend höheres Brett auffallen lässt.

Der kleine Apparat, der bei einfachster Bedienung sehr gut und genau arbeitet, hat den besonderen Vorteil, dass er keines Gestelles bedarf, sondern frei in der Hand gehalten wird, so dass sich stets ein passender und genügender Raum für die Ausführung der Versuche finden lässt. Da die Wurfweite eine ziemlich bedeutende ist (ca. 3 m bei 2,5 m Fallhöhe), so verlaufen die Versuche sehr charakteristisch. Eine besondere Vorrichtung zur horizontalen Einstellung der Hülse ist nicht nötig; doch kann eine solche leicht angebracht werden. Dieselbe hätte aus einem an der Hülse angeschraubten, nach

[1]) Man hält den Apparat zwischen dem Daumen und Zeigefinger der linken Hand so, dass er auf dem Mittelfinger aufsteht und der Einschnitt *s* nach oben gekehrt ist. Zeiger und Mittelfinger der rechten Hand legt man auf den oberen Rand der Platte *P*, während sich der Daumen so an diese Finger legt, dass er mit dem abwärts gekehrten Nagel die Kugel *B* berührt. Schiebt man sodann ganz langsam, nicht ruckweise, den Daumen vor, so wirkt derselbe keilartig auf die Kugel *B* und bewirkt die ruhige Auslösung der gespannten Feder. Bei solchem Vorgange, der schon nach wenigen Versuchen geläufig wird, fällt die Kugel *B* lotrecht herab.

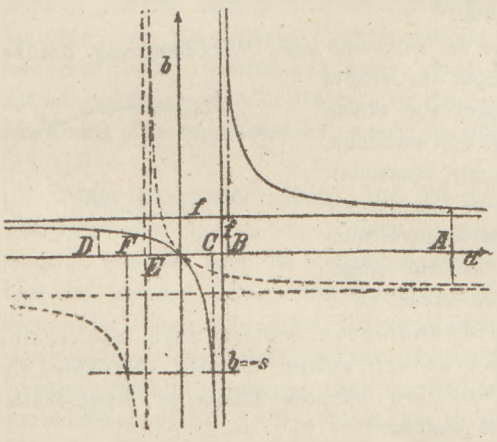
abwärts gerichteten länglichen Messingbleche zu bestehen, in welches ein zur Hülsenaxe normaler Strich eingeritzt ist, von dessen oberem Ende ein kleines Senkel herabhängt. Die horizontale Einstellung der Hülse wird durch das Einspielen des Senkelfadens auf jenem Strich angegeben. Zu bemerken ist noch, dass der Draht C keinerlei Störung in der Bewegung der Kugel A hervorbringt, da er — wie sich auch durch Berechnung ergiebt — an die Innenwand der Hülse nicht anstösst. Der kleine Apparat wird in sorgfältigster Ausführung von Herrn Max Kohl, Präcisionsmechniker in Chemnitz i. S., für 4 M. geliefert.

Zur Theorie der Linsen und der dioptrischen Instrumente.

Von **H. Kuhfahl** in Landsberg a./W.

Wenngleich Fernrohr, Lupe u. s. w. den Schülern der Oberklassen schon aus dem Gebrauche bekannt sind, bedarf doch die Theorie der Linsen einer besonders gründlichen Behandlung im Unterricht, um ein volles Verständnis für die Wirkungsweise der dioptrischen Instrumente zu erzielen. Ganz besonders scheint mir die Darstellung der Linsenformel $1/a + 1/b = 1/f$ (a Objektweite, b Bildweite, f Brennweite) in rechtwinkligen Coordinaten nach a und b geeignet zu sein, eine klare Übersicht über alle möglichen Fälle zu geben. Die Curve ist eine gleichseitige Hyperbel mit den Asymptoten $a = f$ und $b = f$ und einem Scheitel im Anfangspunkte des Coordinatensystems. In der beigegebenen Figur stellen die ausgezogenen Linien den Fall der Convexlinse, die punktierten den der Concavlinse dar. Die negativen (virtuellen) Bildweiten sind praktisch nur brauchbar, wenn sie gleich der deutlichen Sehweite sind: $b = -s$.

Bei den einlinsigen Instrumenten muss a stets positiv (reell) sein; man kann sie in Fernseher und Nahseher einteilen (wenn es erlaubt ist, diese Bezeichnungen dem „Fernsprecher“ nachzubilden). Für die ersteren ist a constant und die Vergrösserung das Verhältnis der Sehwinkel $V = (b/s) \cdot (a + b + s)/a$. Bei gleichen Vorzeichen von a und b ist das Bild ein umgekehrtes, bei verschiedenen ein aufrechtes. Zwei Arten von Fernsehern (A) sind möglich: 1) eine Convexlinse, deren Bild entweder direkt betrachtet wird (Fernrohrobjektiv, das schon für sich eine Vergrösserung geben kann, insbesondere, wenn $b > s$) oder durch einen Schirm aufgefangen wird (camera obscura); 2) eine Concavlinse für hinreichend kleine Sehweite s_1 ohne Vergrösserung, da $b = -s_1$, also $V = 1$ (Brille für Kurzsichtige). Für Nahseher ist a (in gewissen Grenzen) beliebig und die Vergrösserung wird daher durch das Verhältnis von Bild- und Objektgrösse bestimmt: $V = b/a$. Für Convexlinsen ergeben sich zwei Arten von Instrumenten: 1) wenn $a > f$ (B), erhält man ein reelles, umgekehrtes Bild mit beliebiger Vergrösserung, das direkt betrachtet (Mikroskopobjektiv) oder durch einen Schirm aufgefangen werden kann (Sonnenmikroskop, Projektionscamera); 2) wenn $a < f$ (C) ein virtuelles, aufrechtes Bild mit bestimmter Vergrösserung, da $b = -s$ (Lupe). Concavlinsen lassen sich nicht verwenden, da hier $-b < s$ ist.



Bei zweilinsigen Instrumenten dient das reelle, umgekehrte Bild einer Convexlinse (Fernrohr- oder Mikroskopobjektiv) als Objekt für die zweite Linse als Nahseher. Man kann die Objektweite für die letztere a' also positiv und $> f'$ wählen und erhält ein nun wieder aufrechtes reelles Bild (objektive Darstellung durch das astronomische Fernrohr — z. B. für Sonnenflecke —, eine Verbindung von Fernrohrobjektiv und Projektionslinse), oder $a < f$, dann wirkt die zweite Linse als Lupe und das Bild ist virtuell und bleibt umgekehrt (astronomisches Fernrohr).

Ein reelles Bild kann aber auch als virtuelles Objekt (mit negativer Objektweite)

dienen, wenn nämlich die Strahlen vor ihrer Vereinigung aufgefangen werden. Dann sind, wie man leicht aus der Figur ersieht, drei Fälle möglich. Durch eine Convexlinse (D) erhält man ein reelles, verkleinertes Bild, das umgekehrt bleibt (Campanisches Okular). Eine Concavlinse liefert, wenn $-a' > -f'$ (F) ein wieder aufrechtes, virtuelles Bild (holländisches Fernrohr), wenn aber $-a' < -f'$ (E) ein umgekehrtes, reelles Bild (also auch das holländische Fernrohr kann zur objektiven Darstellung der Sonne dienen; es muss zu diesem Zwecke wie das astronomische weiter ausgezogen werden).

Ganz ebenso kann man das durch ein Mikroskopobjektiv entworfene Bild behandeln. Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, dass entsprechend dem holländischen Fernrohr ein Mikroskop mit aufrechter Bildlage durch eine Convex- und eine Concavlinse hergestellt werden kann.[1])

Einfacher Beweis für das Gesetz der Wheatstoneschen Brücke.

Von Dr. V. Dvořak in Agram.

Ein stromdurchflossener Draht fa (Fig. 1) teile sich in zwei genau gleiche Zweige, die sich wieder vereinigen. Man bringe eine Querverbindung bd an, sodass $ab = ad$ (und $bc = dc$) ist. Offenbar kann durch bd kein Strom gehen, indem eine Stromrichtung von b nach d ebenso berechtigt ist, wie eine solche von d nach b. Die elektrischen Teilchen befolgen bei der Strömung gewisse Bahnen, die Stromlinien. Man denke sich den Stromlinien entlang eine Scheidewand von der Dicke Null eingeführt, welche den schraffierten Teil vom unschraffierten abgrenzt; dieselbe kann nichts an dem Strome ändern. Da jedoch der schraffierte Teil mit dem übrigen in keinem Zusammenhange steht, so kann man ihn fortlassen, ohne an der Stromlosigkeit von bd etwas zu ändern.[2]) Sind die Widerstände der Zweige r_1, r_2, r_3, r_4, so ist $r_1 : r_3 = r_2 : r_4$. Man kann natürlich die Drähte ab, bc, ad, dc durch andere von gleichem Widerstande ersetzen, wobei nicht mehr $ab = ad$, $bc = dc$ zu sein braucht.

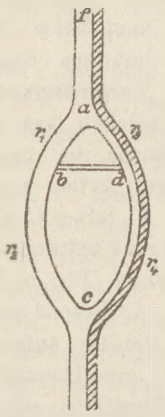


Fig. 1.

Allgemeiner Fall. Es ist nirgends eine Voraussetzung darüber gemacht worden, von wo der Strom im Drahte fa herrührt; er kann zum Beispiel von einem galvanischen Elemente E (Fig. 2) stammen, das einen Stromteil J von a nach f entsendet. Besteht das Gesetz $r_1 : r_3 = r_2 : r_4$, so kann dieser Stromanteil J für die Brücke bd keine Stromcomponente ergeben, und man könnte umgekehrt die Brücke entfernen, ohne etwas an J zu ändern; ein bei g eingeschaltetes Galvanometer würde also nicht den Ausschlag ändern, falls man die Brücke unterbrechen würde. (Methode von Mance.) Auch in den anderen Zweigen bc, cd, ad könnten Elemente eingeschaltet sein; dieses würde an der Beweisführung nichts ändern.[3])

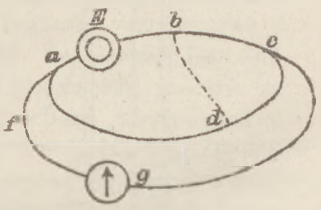


Fig. 2.

Für die Praxis.

Die Diffusion zwischen Wasser und Alkohol. Von H. Kuhfahl in Landsberg a. W. Um das langsame Fortschreiten der Diffusion zwischen Wasser und Alkohol sichtbar zu machen, empfiehlt es sich, den letzteren mit Korallin zu färben. Korallin löst sich in Alkohol mit intensiv orangegelber Farbe; durch Wasserzusatz geht dieselbe in rot über. Die rote Grenzzone vergrössert sich allmählich nach beiden Seiten hin, die Intensität der Färbung nimmt von oben nach unten entsprechend dem Alkoholgehalt ab.

[1]) Vgl. *diese Zeitschr. VII 244.*

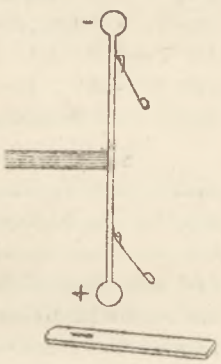
[2]) Dieses Verfahren, bei dem man ein Stück eines Leiters nach den Stromlinien herausschneidet, wird auch sonst in der Electricitätslehre verwendet, z. B. bei der Berechnung der Stromverteilung in einer ebenen kreisförmigen Scheibe.

[3]) Siehe die ausführliche Arbeit von Kalischer *(Wied. Ann. XLVI 113, 1892).*

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

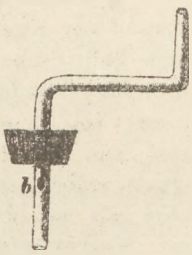
Ein einfacher Influenzapparat. Von R. NEUMANN in Znaim. An die Enden eines ca. 4 mm dicken und 20 cm langen Messingdrahtes werden kleine Messingkugeln gelötet und an dem Draht oben und unten je ein Kolbescher Papierstreifen mit der von Kolbe beschriebenen Drahtöse (*d. Zeitschr. I 152*) befestigt. Die Enden der Drahtösen werden leicht an den Messingdraht angelötet. Um den Apparat zu isolieren, wird der Draht in der Mitte etwas erwärmt und eine Stange Siegellack daran angekittet, die man beim Gebrauch in einen Retortenhalter festklemmt. Die Influenzversuche gelingen mit diesem Apparat in überraschend schöner und befriedigender Weise selbst bei minder günstiger Witterung. (*Period. Blätter f. naturk. u. math. Unterricht 1. Jahrg. Heft 1, 1894.*)



Bunsensches Photometer mit drei Flecken. Von N. A. HESEHUS. *Journal de Physique (3) II 504, 1893.* Man kann dem Bunsenschen Photometer eine grössere Empfindlichkeit verleihen, wenn man auf dem Schirme drei Fettflecke statt einem macht und ihn gegen die Verbindungslinie der beiden Lichtquellen neigt. Der Schirm sitzt in einem Messingrohr und bildet mit dessen Axe einen Winkel von 45°. An dem einen Rohrende befindet sich eine Vergleichslampe, welche man mittels Zahn und Trieb verschieben kann, und am anderen Ende ein unter 45° zur Axe geneigter Spiegel, welcher die Strahlen der zu untersuchenden Lichtquelle auf den Schirm wirft. Ein kleines Rohr, welches dem ersteren seitlich eingefügt ist, gestattet die Beobachtung des Schirms. Auf Gleichheit der Helligkeit wird eingestellt, indem man die Vergleichslampe so lange verschiebt, bis der mittlere Fleck vollständig verschwindet und von den seitlichen Flecken der eine hell, der andere dunkel erscheint. Der „todte Raum", d. h. der Raum, in dem man den Schirm verschieben kann, ohne dass man eine Änderung der Erscheinung wahrnimmt, vermindert sich, wenn man den Schirm mit drei Flecken an Stelle des Schirms mit einem Flecke verwendet, nach der Beobachtung von Hesehus von 16,6 % auf 0,7 %.

M.

Zur Gasentwickelung. Bei der Entwickelung brennbarer Gase z. B. von Wasserstoff empfindet man es als Übelstand, dass dem Gase Wasserdampf beigemischt ist, der sich im Gasleitungsrohre zu Tropfen verdichtet, das Rohr am unteren Ende verschliesst und dadurch ein Zucken oder Verlöschen der Flamme bewirkt. Diesem Übelstande hat man durch schräges Abschneiden des Leitungsrohres abzuhelfen gesucht; bei reichlicher Wasseransammlung versagt aber auch dieses Mittel. Als ganz unfehlbar wirkend giebt A. STAVENHAGEN in der *Zeitschr. f. angew. Chemie (1894 S. 165)* folgende kleine Vorrichtung an. Man bläst in das Rohr, etwas vom unteren Ende entfernt ein Loch *b* (s. Fig.), dann entweicht das Gas durch diese Öffnung und das Wasser, welches sich im unteren Teile ansammelt, tropft ohne jede Behinderung ab.



M.

Über den Einfluss von Magneten auf Elektricitätsmesser. Für Schulen, die elektrischen Anschluss haben, dürfte die folgende Beobachtung von Wert sein, die nach der *Centralzeitung für Optik und Mechanik (XV 58, 1894)* ein Hamburger gemacht hat, der zu seinem Vergnügen physikalische Studien betreibt. Dieser bezieht von dem Besitzer einer Fabrik elektrischen Strom zur Beleuchtung seines Arbeitszimmers. Während nun bis vor einigen Wochen der Stromverbrauch durchschnittlich ungefähr 12—15 Mark betrug, war plötzlich der Zähler so rasch fortgeschritten, dass sich der Verbrauch in zwei Tagen auf 8 Mark gesteigert haben musste. Der zu Rate gezogene Elektrotechniker konnte nichts Verdächtiges an der Uhr finden, doch entdeckte man endlich nach längerer Unter-

suchung, dass der Lichtentnehmer einen starken Magneten, mit dem Südpol nach dem Elektricitätsmesser gerichtet, in dessen Nähe hatte liegen lassen. Der Magnet hatte derartig beschleunigend auf den Gang des Pendels gewirkt, dass der Mehrverbrauch an Strom, welchen die Uhr zeigte, sich erklärte. Weitere Versuche ergaben, dass der Gang des Pendels sich verlangsamte, wenn der Nordpol ihm genähert wurde. Die Wirkung war so stark, dass sie auch von dem benachbarten Zimmer aus durch die Wand hindurch sich äusserte. *M.*

Schulversuche zur Bewegungslehre. Von J. DUCRUE. (*Blätter f. d. bayr. Gymnasialschulw. XXIX. Jahrg.*) Der Verfasser benutzt zum Zeitmessen ein Metronom. Zur Demonstration der Fallversuche hält er die Galileische Fallrinne für den geeignetsten Apparat, die von ihm verwendete hat eine Länge von 250 cm, ist bis 30° Steigung verstellbar und mit einer Elfenbeinkugel von 135 g Gewicht versehen. Er constatiert zunächst die arithmetische Reihe der in 1 Sec. durchlaufenen Fallstrecken und leitet daraus unter Zuhilfenahme des Begriffs der mittleren Geschwindigkeit die gleichförmige Zunahme der Geschwindigkeit ab. Er benutzt auch eine Fallrinne zur Demonstration der Wurfparabel. Eine möglichst ebene Schultafel von etwa 150 cm Länge und 120 cm Höhe wird so auf den Boden (oder bequemer auf den Experimentiertisch) gestellt, dass sie mit diesem einen Keil von ca. 10° bildet. In der Verticalebene der oberen, den Boden nicht berührenden Tafelkante wird mittels zweier Stative eine Fallrinne von 1 m Länge mit schwacher Neigung so aufgestellt, dass ihr Fussende etwa 1 cm unter dem oberen Tafelrande in die Tafel einmündet. Eine herabrollende Elfenbeinkugel tritt mit einer Geschwindigkeit, die man durch Neigen der Fallrinne beliebig regulieren und bei Wiederholung des Versuchs constant erhalten kann, in horizontaler Richtung auf die Tafel über und rollt auf dieser in einem Parabelast herab, den sie auch selbstthätig aufzeichnet, wenn man sie zuvor mit Wasser benetzt hat. Den auf der Tafel erhaltenen Wasserfaden zeichnet ein Schüler mit Kreide nach. Mit Abänderung der Anfangsgeschwindigkeit ändert sich auch die Form der Parabel. Stellt man die Fallrinne so auf, dass sie an einer Ecke der Tafel mit der am Boden liegenden Kante einen Winkel bildet, so läuft die Kugel an der Tafel aufwärts und rollt dann wieder abwärts gegen den Boden. Benetzt zeichnet sie auch in diesem Fall ihre Bahn auf. Steigzeit und Fallzeit kann mit dem Metronom beobachtet werden. Bei einem Wurfwinkel von 45° wird die Wurfweite ein Maximum; Winkel von $45° \pm \alpha$ haben dieselbe Wurfweite. Der zweite Parabelast ist wegen der Reibung und Rotation der Kugel etwas verkürzt, erinnert also an die durch den Luftwiderstand beeinflusste ballistische Kurve. Bei einer Wurfweite von 126 cm und einer Wurfhöhe von 50 cm waren die Abschnitte der Abscissenaxe zu beiden Seiten der Scheitelordinate 68 cm und 58 cm; bei 71 cm Weite und 114 cm Höhe waren diese Abschnitte 38 cm und 33 cm. Liess man nacheinander zwei Kugeln (von 135 g und 4 g) mit derselben Anfangsgeschwindigkeit rollen, so war die Verkürzung der Wurfweite bei der leichteren Kugel beträchtlicher als bei der schwereren, was an den Unterschied beim Werfen eines Steins und eines Korkes erinnert. Erst auf diese Schulversuche lässt der Verfasser die theoretische Betrachtung folgen.

In derselben Abhandlung beanstandet der Verfasser die übliche Definition der gleichförmigen Bewegung als einer solchen, bei der in gleichen (beliebig kleinen) Zeiten gleiche Wege zurückgelegt werden, da die Wahrnehmung oder Abmessung gleicher Zeiten immer die gleichförmige Bewegung eines Körpers voraussetze. Dieser auch von S. GÜNTHER (Mathem. Geogr.) erhobene Einwand erscheint unberechtigt, da doch die Möglichkeit einer gleichen Zeitabmessung begrifflich keinen Widerspruch einschliesst, und nur die praktische Verwirklichung, wie bei allen physikalischen Messungen, den Charakter einer Annäherung tragen wird. Man würde bei Berücksichtigung des erwähnten kritischen Einwandes vollständiger zu sagen haben: Eine Bewegung ist nach dieser Definition als gleichförmig zu bezeichnen, soweit die zu Grunde gelegten aufeinanderfolgenden Zeitteile als gleich angesehen werden können. Doch gehen solche Erwägungen über den physikalischen

Anfangsunterricht weit hinaus; dieser wird sich vielmehr mit den Begriffsfassungen begnügen dürfen, die bis in unsere Zeit der wissenschaftlichen Forschung als Grundlage gedient haben. Hier wären theoretische Bedenken ebenso wenig am Platze, wie bei der Einführung in die elementare Geometrie eine Erörterung über das Parallelenaxiom. *P.*

---

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Bolometrische Untersuchungen für eine Lichteinheit. Von LUMMER und KURLBAUM. (*Ber. d. Berl. Akad. 1894 S. 229.*) Als Lichteinheit wird diejenige Menge definiert, welche von 1 qcm eines glühenden Platinbleches ausgestrahlt wird, dessen Temperatur so reguliert ist, dass seine durch eine von zwei 1 mm dicken Quarzplatten begrenzte 20 mm dicke Wasserschicht absorbierte Strahlung den zehnten Teil der Gesamtstrahlung (beide bolometrisch gemessen) beträgt. Das Blech aus chemisch reinem Platin von 0,015 mm Dicke, 25 mm Breite und 60 mm Länge war zwischen zwei auf einem Marmorblock befestigten Messingklemmen eingespannt und konnte durch einen Accumulatorenstrom von 50 bis 80 Ampère bei 32 Volt Klemmspannung erhitzt werden. Das Blech war vor Luftströmungen durch eine auf den Marmorblock aufgesetzte doppelwandige Metallglocke mit Wasserspülung geschützt. Eine Öffnung in einer verticalen Wand der Glocke nahm Messdiaphragmen auf, deren 1 bis 4 qcm weite Öffnung durch einen Fallverschluss geschlossen werden konnte. Diaphragmen und Verschluss waren ebenfalls mit Wasserspülung versehen. Zur Messung diente ein Bolometer aus der schon früher beschriebenen dünnen Platinfolie (*siehe d. Ztschr. VI 304*), welche in genau vorgeschriebener Weise elektrolytisch mit Platinschwarz überzogen wurde. Der Wassertrog befand sich dicht vor dem stets offenen Bolometer, sodass die von ihm und von den Zimmerwänden ausgehende Strahlung constant auf das Bolometer wirkte. Durch Drehung des glühenden Platinstreifens um 90° konnte abwechselnd die Strahlung mit dem Bolometer gemessen und mittels eines Lummer-Brodhunschen Photometers mit demjenigen einer Glühlampe verglichen werden. Da es gelang, diese Lichteinheit bis auf 0,3 % genau zu reproducieren, so soll sie den photometrischen Messungen in der technischen Reichsanstalt zu Grunde gelegt werden. *H. R.*

Beobachtungen der normalen atmosphärischen Elektricität auf dem Sonnenblick. Von ELSTER u. GEITEL. (*Wien. Akad. 102, II a, 1295, 1893*). In einer früheren Arbeit (siehe *d. Zeitschr. VII 92*) haben die Verfasser auf Grund der Annahme, dass den untersten Luftschichten, welche an die negativ geladene Erdoberfläche grenzen, je nach der Intensität der Bestrahlung eine verschieden grosse Menge negativer Elektricität zugeführt werde, für die Änderung des Potentialgefälles eine Formel aufgestellt, mit welcher sich die Beobachtungen in genügender Übereinstimmung befinden. Um die Höhe, bis zu welcher sich diese negativ geladenen Luftschichten erstrecken, annähernd zu bestimmen haben sie Beobachtungen des Potentialgefälles, welche während der Jahre 1890—93 an wolkenfreien Tagen in stündlichen Zwischenräumen auf dem Gipfel des Sonnenblicks angestellt wurden, mit ihren gleichzeitig in Wolfenbüttel, also in der Ebene, ausgeführten Messungen verglichen. Dem absoluten Werte nach lässt sich zwar das auf hohen Bergen gemessene Potentialgefälle nicht mit dem an gleich hohen Punkten der freien Luft herrschenden vergleichen, weil die an den Bergen sich je nach der Form derselben zusammendrängenden Niveauflächen ein viel stärkeres elektrisches Feld hervorrufen. Liegen jedoch die negativ geladenen Luftschichten bedeutend unterhalb der Bergspitze, so werden sie verhältnismässig geringe Änderungen des Potentialgefälles hervorrufen, während, wenn sie dieselbe erreichen und sich über sie hinaus erheben, jede Schwankung ihrer elektrischen Ladung eine gleich starke Potentialschwankung auf dem Berggipfel wie in der Ebene veranlassen wird. Die Messungen auf dem Sonnenblick wurden in der Weise angestellt, dass ein geschlossener Blechcylinder von 10 cm Länge und 6 cm Durchmesser an einem isolierenden Griffe in ganz bestimmter Richtung etwa 1 m weit aus dem Fenster gehalten und nach momentaner

Ableitung zur Erde an einem Exnerschen Aluminiumblatt-Elektroskop untersucht wurde. Die tägliche Schwankung des Potentialgefälles war an wolkenfreien Tagen auf dem Sonnenblick bedeutend geringer als in Wolfenbüttel und zeigten ein Maximum zwischen 1 bis 6 Uhr nachmittags, während im Tieflande ein Maximum zwischen 8 und 9 Uhr vormittags erfolgt und gegen Sonnenuntergang ein Minimum eintrifft. Die jährliche Änderung des Potentialgefälles war auf dem Berge ebenfalls äusserst gering gegenüber den in Wolfenbüttel beobachteten Schwankungen. Es wird hieraus der Schluss gezogen, dass an wolkenfreien Tagen veränderliche negativ elektrische Massen in den unteren Luftschichten vorhanden seien, welche das Niveau von 3000 m nicht erreichen und in der Tiefe die Periode der atmosphärischen Elektricität bedingen. Die Unregelmässigkeiten der Potentialschwankungen während des Winters werden wahrscheinlich durch den geringen Umfang der die Änderung bewirkenden Luftmassen hervorgerufen. *H. R.*

Die Löslichkeit einiger schwer löslichen Körper im Wasser, beurteilt aus der elektrischen Leitungsfähigkeit der Lösungen. Von F. KOHLRAUSCH und ROSE. (*Ber. d. Berl. Acad. 1893. 453*). Da die Methode, nach welcher der Salzgehalt concentrierter Lösungen durch Verdampfen des Wassers und Wägen des Rückstandes gefunden wird, für sehr schwer lösliche Körper keine zuverlässigen Resultate ergeben hat, so versuchten die Verfasser, die in derartigen Lösungen vorhandenen Salzmengen aus ihrer elektrischen Leitungsfähigkeit zu bestimmen. Zur Ermittelung derselben diente die Wheatstonesche Brücke mit Wechselstrom und Telephon. Die schwer lösliche Substanz wurde fein gepulvert, durch wiederholtes Auswässern gereinigt und in einem mit Platinelektroden und Thermometer versehenen Gefäss, dessen Glas auf seine Löslichkeit geprüft war, mit Wasser so lange geschüttelt, bis der Widerstand der Lösung einen constanten Wert annahm. Von der erhaltenen Leitungsfähigkeit der Lösung wurde die besonders bestimmte eigene Leitungsfähigkeit des lösenden Wassers in Abrechnung gebracht. Auf diese Weise wurden die Leitungsfähigkeiten von bei verschiedenen Temperaturen gesättigten Lösungen gefunden. Aus den beobachteten Werten können einerseits mit Hilfe des durch die Wanderungsgeschwindigkeiten der Jonen bekannten molekularen Leitungsvermögens der gelösten Substanz die Sättigungsgehalte der untersuchten Lösungen berechnet werden, andrerseits lässt sich auch die Abhängigkeit des Sättigungsgehaltes von der Temperatur finden, wenn man von der beobachteten Änderung der Leitungsfähigkeit die durch die Temperaturerhöhung in einer Lösung constanter Concentration bewirkte Zunahme des Leitungsvermögens in Abzug bringt. *H. R.*

Einige Formen von Tauchelektroden für Widerstandsbestimmung in Elektrolyten. Von F. KOHLRAUSCH. (*Wied. Ann. 51. 346. 1894*). Zur Herstellung von Elektroden, welche sich bequem in Flaschen einsenken lassen, werden 20 bis 30 cm lange gläserne Doppelcapillaren verwendet, in deren untere Öffnungen die beiden zu den Elektroden führenden Platindrähte von 0,75 mm Durchmesser eingeschmolzen sind. Die Capillaren werden mit Quecksilber angefüllt und tragen an ihren oberen Öffnungen die beiden in das Quecksilber tauchenden kupfernen Zuleitungsdrähte. Zum Schutze der Elektroden ist oben an die Doppelcapillare ein unten offenes Glasrohr angeschmolzen, welches oben mit einer kleinen seitlichen Öffnung für den Luftaustritt versehen ist. An die eingeschmolzenen Platindrähte sind die aus $^1/_4$ mm dickem Platinblech bestehenden Elektroden angeschweisst. Für Widerstände mittlerer Grösse bestehen dieselben aus zwei Streifen von etwa 1 qcm Fläche, die in verschiedenem Abstand von einander gehalten werden. Für kleine Widerstände werden zwei Platincylinder von 2 cm Länge auf die Capillare gestreift, so dass ihr Abstand 5 bis 10 cm beträgt. Durch die Weite des Schutzrohrs, welches ausserdem noch über dem Zwischenraum zwischen den Elektroden eingezogen sein kann, lässt sich die Widerstandscapacität passend regulieren. Für sehr grosse Widerstände wird ein mit Gold gelöteter Platincylinder von 30 mm Länge auf die etwas conische Capillare aufgestreift, so dass er dem Glase fest anliegt, alsdann oberhalb und unterhalb desselben ein Glasring aufgeschmolzen und über die beiden Ringe ein zweiter

15 mm längerer Platincylinder geschoben und mit Draht festgebunden. Der äussere Cylinder ist oben und unten mit Löchern zur Circulation der Flüssigkeit versehen. Die Elektroden werden vor dem Gebrauche elektrolytisch mit Platinschwarz überzogen. *H. R.*

3. Geschichte.

Der Erfinder der Phosphor-Reibzündhölzchen. Als solche werden bald Stephan Römer, bald Preschel oder Johann Irinyi genannt. Der letztere, welcher 1848 von Kossuth zum General-Inspektor sämmtlicher ungarischen Fabriken ernannt worden und am 15. April 1856 zu Nagy-Léta im Alter von 69 Jahren gestorben ist, war nicht der Erfinder, sondern ein anderer Irinyi, dessen Vornamen unbekannt ist und der vor kurzem noch in dem Dörfchen Bertesl des Biharer Comitats in dürftiger Zurückgezogenheit lebte. In der *Zeitschr. f. angew. Chemie 1894 S. 268* werden folgende Angaben über den Erfinder veröffentlicht, die von einem seiner Studiengenossen, Herrn Amtsvorsteher Karl Ludwig zu Trebbin im Kreise Teltow, herrühren: „Im Jahre 1835 hörte ich unter Prof. Paul Traugott Meissner am Wiener Polytechnikum Chemie. Der Professor trug eines Tages vor, dass, wenn Bleihyperoxyd (braunes Bleioxyd) mit Schwefel in einer Reibschale zusammengerieben wird, leichte Detonationen unter Lichterscheinung erfolgen. Von allen Zuhörern war Irinyi der einzige, welcher mit lebhaftem Interesse diesen Vorgang beobachtete, in der richtigen Erwägung, dass, wenn statt des Schwefels Phosphor mit braunem Bleioxyd in Verbindung gebracht werden könnte, ein weit kräftigerer Entzündungsprocess entstehen müsste. Irinyi kam mehrere Tage lang nicht in die Vorlesung. Ich wollte ihn besuchen, fand indess seine Thür verschlossen. Bei Nennung meines Namens rief der biedere Ungar mir zu: „Geh weg, Schwab', ich mach' eine Erfindung". Anderen seiner Bekannten erging es nicht besser — auch sie wurden nicht eingelassen. Nach einigen Tagen erschien er wieder in der Vorlesung, alle Taschen gefüllt mit seinen Zündhölzchen, strich mit diesen an den Wänden herum, und ein jedes fing Feuer. Nun war es gelungen, durch Granulation den Phosphor in Banden zu schlagen und als Zündstoff verwendbar zu machen. Der Phosphor wurde in concentrierter Gummilösung geschmolzen und so lange geschüttelt, bis die ganze Lösung erkaltet und der Phosphor in derselben als feiner Staub verteilt war. In diese Gummi-Phosphor-Emulsion wurde braunes Bleioxyd gemengt und die zuvor in schmelzenden Schwefel getauchten Hölzchen in dieselbe eingetaucht. Irinyi verkaufte seine Erfindung an den späteren Zündholzfabrikanten Stephan Römer in Wien, wohnhaft am Lobkowitzplatz, für 7000 Gulden. Dieser unerwartete Gewinn verschaffte dem jugendlichen Erfinder ein allzu vergnügtes Leben, was nicht zu seinem Vorteile gereichte. Irinyi mochte damals zwei Jahre älter sein als ich, der ich damals 17 Jahre alt war und heute 77 Jahre zähle. Nach langen Jahren, etwa 1849, traf ich ihn in Prag, wo er mir mitteilte, dass er Lehrer der Chemie an der landwirtschaftlichen Akademie zu Ungarisch-Altenburg sei." *M.*

4. Unterricht und Methode.

Der Physikunterricht an den österreichischen Realschulen. In der *Zeitschr. f. d. Realschulw. XVIII 641 ff. (11. Heft 1893)* veröffentlicht K. ZAHRADNIČEK „Bemerkungen zum Unterricht in der Physik an unseren Realschulen". In den allgemeinen Ausführungen widerspricht er u. a. Höflers in dieser Zeitschrift (*IV 5*) vertretener Ansicht, beim Unterricht sei in erster Linie psychologisch, erst in zweiter Linie logisch vorzugehen, doch scheint der Widerspruch mehr auf einer weiteren Fassung des Begriffes Logik als auf einem principiellen Gegensatz zu beruhen. Das unlogische Verhalten vieler Lehrbücher wird vom Verfasser namentlich bei Gelegenheit der Kritik des Kapitels „allgemeine Eigenschaften" an zahlreichen Beispielen dargelegt. „Aber wenn auch alle diese fast tradi-

tionellen Fehler der Einleitungen gänzlich beseitigt würden, so bliebe dennoch das Durchpeitschen der allgemeinen Eigenschaften zu Beginn des physikalischen Unterrichtes ein schwerer didaktischer Fehler. . . . Der empfängliche Sinn des wissbegierigen Knaben, dem die Erklärung der lebensfrischen Wirklichkeit eine reiche Quelle der angenehmsten und erhebendsten Gefühle sein soll, findet in der ersten Stunde des naturwissenschaftlichen Unterrichtes teils richtige, teils unrichtige, aber ihm gewiss immer unverständliche Erklärungen über Kraft und Stoff, über die Constitution der Materie u. dgl. Aus solchen Gründen spricht sich der Verfasser, ganz im Sinne dieser Zeitschrift (vgl. *V 175*) für Ausscheidung der Einleitung und vieler überflüssiger Definitionen aus. Andererseits will er Rechnungsaufgaben nicht so völlig aus dem Physikunterricht der unteren Klassen verbannt sehen, wie dies hier und da in zu strenger Befolgung der österr. Instruktionen geschieht. Er findet, dass aus der Verbindung von Anschauung und Rechnung dem physikalischen Unterricht und nicht minder dem mathematischen nicht hoch genug zu bemessende Vorteile erwachsen, vermisst aber noch eine Aufgabensammlung, die einer möglichst weitgehenden Concentration des Unterrichts völlig entspräche.

Dem Energieprincip will der Verfasser die grösste Beachtung zugewendet sehen, um so mehr als es „zugleich eine widerspruchslose, dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft entsprechende Behandlung der Elektricitätslehre mittels des Potentials ermöglicht, dessen Aufnahme in den Mittelschulunterricht täglich dringender wird.“ „Nur der Arbeitsbegriff (Potential) und der hiermit zusammenhängende Complex von Begriffen sind imstande, die trostlose Verworrenheit, die Ungenauigkeiten und notorischen Widersprüche aus der Elektricitätslehre zu entfernen, diese umfangreiche Wissenschaft in sehr nahe und deutlich hervortretende Beziehungen zu anderen physikalischen Disciplinen zu bringen und so dem Unterrichte neben der sachlichen Korrektheit einen hohen Grad von formeller Anschaulichkeit zu verleihen, dessen er bisher nicht fähig war.“ Der Verfasser bestätigt auch, dass die Schüler mit Leichtigkeit die neueren Lehren in sich aufnahmen und auf praktische Aufgaben anzuwenden vermochten.

Bezüglich des Verhältnisses von Ober- und Unterstufe wird es für wünschenswert erklärt, dass alle wichtigeren Versuche der Unterstufe in den oberen Klassen zur Wiederholung gelangen; zugleich drängten die bisherigen Erfahrungen zu einer erheblichen Einschränkung des Umfanges des Lehrstoffes, um durch ein Opfer an Umfang einen Gewinn an Tiefe der Auffassung der physikalischen Grundlehren zu erzielen. Was die Verteilung des Lehrstoffes angeht, so findet er die VII. Klasse im Vergleich mit der VI. zu überbürdet, und will daher die geometrische Optik aus der VII. in die VI. Klasse verlegen, auch einen Teil der Astronomie (Centralbewegung) der VI. Klasse überweisen. Durch diese Änderungen soll überdies in der obersten Klasse eine ausreichende Zeit (8 bis 10 Wochen) zur Wiederholung des gesamten physikalischen Lehrstoffes gewonnen werden. Diese Wiederholungen „sollen von concreten, auch durch die Art der Einkleidung das Interesse der Schüler erregenden, im allgemeinen nicht systematisch geordneten Aufgaben ausgehen,“ bei deren Lösung die zu wiederholenden physikalischen Lehren zur Anwendung und innigen Verknüpfung gelangen. *P.*

Trigonometrische Aufgaben aus der Nautik. Von Dr. A. RICHTER, Professor am Gymnasium in Wandsbeck. *Pädagogisches Archiv XXXVI 86—111, 1894*[1]. Die für den Gymnasialunterricht bestimmte Sammlung, welche ihren Stoff der Nautik entnimmt, ist nur klein, aber dafür sind alle einzelnen Beispiele sachlich von einander verschieden und neben einander zu verwenden, weil Wiederholungen, wie sie sich ganz überflüssig gehäuft in vielen Sammlungen finden, hier gar nicht vorkommen. Einige technische Angaben, wie die Bestimmung der Geschwindigkeit und der Richtung des Schiffs, sind entweder vorangestellt oder an passender Stelle eingefügt. Die Winkel sind nach Windstricheinheiten von 11° 15′ eingeteilt, doch wäre dabei ein Bild der Windrose mit den

[1]) Sonderabzüge sind zum Preise von 50 Pf. durch den Verfasser zu beziehen.

Winkeln oder eine nebenhergehende Angabe der Winkelgrösse erwünscht, damit das an sich Nebensächliche nicht zuviel Zeit in Anspruch nimmt. Da für Entfernungen bis zu 300 Seemeilen die Krümmung der Erdoberfläche für die Zwecke des Seemanns ohne Bedeutung bleibt, so ist zunächst eine Folge von Aufgaben zusammengestellt, in welchen die Formeln der ebenen Trigonometrie zu verwenden sind. Sie setzen wie alle trigonometrischen Übungen natürlich die allgemeine Auflösung des rechtwinkligen wie des schiefwinkligen Dreiecks voraus, aber daran sind sie ohne weiteres anzuschliessen. Ihre Eigenart möge das folgende Beispiel charakterisieren: Ein aus der Elbe kommendes Schiff sieht von A aus das 5 sm (Seemeilen) entfernte Leuchtfeuer auf Helgoland B in $WNW^{3}/_{4}W$ und will an der südlichen Küste Helgolands in 3 sm Abstand vom Leuchtturm vorbeifahren, welchen Kurs muss der Steuermann wählen und nach wie weiter Fahrt hat das Schiff den bezeichneten Abstand? Für grössere Unterschiede in der Breite ist selbst in der engeren Grenze von 300 Seemeilen die Zahl der Bogenminuten nicht mehr als gleich anzusehen, welche die für die Länge angegebenen Seemeilen ausmessen, und es muss deshalb der Längenunterschied nach Seemeilen in Minuten für die Mittelbreite berechnet werden. Die Beispiele aus der sphärischen Trigonometrie setzen ausser den entsprechenden Dreiecksformeln auch die Grundbegriffe der mathematischen Geographie voraus, und sie verlangen teilweise eine erhebliche Beihilfe des Lehrers. Dafür nehmen sie aber auch das Interesse des Schülers lebhaft in Anspruch. Einige der vorkommenden Aufgaben müssen für den Gymnasialunterricht mit Rücksicht auf die dafür zur Verfügung stehende Zeit als reichlich schwierig bezeichnet werden. Die ganze mit ausführlichen Auflösungen versehene Sammlung aber sei der Beachtung der Fachgenossen auf das beste empfohlen. *Müller-Erzbach.*

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Telegraphieren durch Induction. Bereits früher hatte Herr Preece Versuche über die telegraphische Übermittelung von Nachrichten von der Küste nach in der Nähe gelegenen Schiffen ohne Anwendung continuierlicher Leitungen angestellt (*E. T. Z. XIII 674, 1892*). Neuerdings hielt Herr Preece vor der Society of Arts einen Vortrag über „Elektrisches Signalisieren ohne Drähte", in welchem er über einige weitere Versuche derselben Art berichtete. Die Versuche wurden angestellt zwischen Lavernock Point an der Walliser Seite des Bristol-Canales und zwei Inseln Flat Holm and Steep Holm, von denen die erste 5 km und die zweite 8,5 km von der Walliser Küste entfernt liegt. Längs der etwa 21 m hohen Klippen von Lavernock Point wurden zwei Drahtleitungen, welche zu einem einzigen Leiter verbunden waren, auf 6 m hohen Pfosten auf 1160 m Länge ausgespannt. Die Drähte waren von Kupfer und wogen 113 kg das km. Die Erde bildete die Rückleitung. Auf der Insel Flat Holm und parallel zur Landlinie auf Lavernock Point wurde ein Guttapercha-Kabel von 548 m Länge verlegt. An der Küste war eine zweipferdige Marshall-Dampfmaschine aufgestellt, welche eine Wechselstrommaschine von Pike & Harris trieb, die 192 vollständige Wechsel in der Sekunde und einen Strom von 15 A bei 150 V gab und mit der am Lande befindlichen Leitung verbunden war. Die Correspondenz mit Flat Holm machte keine Schwierigkeit, nur war es nicht leicht, die Aufmerksamkeit des Beamten auf Flat Holm zu erregen, wenn eine Depesche gesandt werden sollte. Dagegen gelang eine Verständigung mit Steep Holm unter gleichen Bedingungen nicht, da, wenn auch eine Wirkung zwischen der Leitung auf der Insel und der am Lande bemerkbar war, doch die Zeichen nicht deutlich genug waren und es offenbar stärkerer Ströme oder längerer Leitungen bedurfte, um einen Erfolg zu erzielen. Gelegentlich dieser Versuche wurden ferner noch einige sehr bemerkenswerte Beobachtungen gemacht. Mit einem Dampfboot war ein Kabel derart verbunden, dass, wenn das Boot sich vorwärts bewegte, das Kabel sich nach der Oberfläche des Wassers erhob, dagegen unter Wasser sich befand, wenn das Boot stillstand.

Man fand dann, dass, wenn das Kabel jenseits einer gewissen Entfernung von der Küste sich befand, keine Signale wahrgenommen werden konnten, sobald das Kabel untergetaucht war, während dieselben deutlich wahrnehmbar waren, sobald das Kabel an der Oberfläche sich befand. Herr Preece schliesst hieraus, dass die von der Küste ausgehenden induktiven Strahlen von der Oberfläche des Wassers reflektiert werden und somit, wenn das Kabel untertauchte, keine Strahlen dasselbe erreichten, so dass keine Ströme in ihm induciert wurden. Bei weiteren Versuchen an der Conway-Bucht ergab sich, dass Signale leicht von einer Linie zur anderen gesandt werden konnten, wenn sowohl die gebende wie die empfangende Linie untertauchten. Ferner wurden sehr sorgfältige Versuche in Schottland angestellt, wo sich zu beiden Seiten des Loch Ness Telegraphenlinien befinden, deren mittlere Entfernung etwa 2 km beträgt. Es wurden an jeder Küste eine 8 km lange Linie genommen und der Stromkreis dadurch vervollständigt, dass landeinwärts Leitungen in dem einen Fall nach einem 14,5 km, im anderen nach einem 9,5 km von dem Loch entfernten Punkte gezogen wurden. Unter diesen Verhältnissen ergab sich, dass es nicht nur möglich war, zwischen den beiden Linien telegraphisch zu correspondieren, sondern auch Gespräche zu übermitteln, und im Falle der telegraphischen Correspondenz waren die Signale so laut, dass kein Anruf erforderlich war. Bei diesen Versuchen wurde ebenfalls ein interessanter Punkt bemerkt, nämlich dass bei einer besonderen Frequenz des Wechselstroms die telephonische Verständigung am deutlichsten war. Da diese Periodicität von der natürlichen Periode der Vibration der Telephondiaphragmen verschieden war, so beruht diese Erscheinung offenbar auf einer Resonanzwirkung. (*Elektrotechnische Zeitschrift XV 139, 1894.*) *M.*

Über die Unzulässigkeit des Vernickelns elektrischer und magnetischer Apparate. Herr A. EBELING macht darüber in der *Zeitschrift für Instrumentenkunde (XIV 100, 1894)* folgende beachtungswerte Mitteilung: In neuerer Zeit werden so vielfach Apparate vernickelt, dass es vielleicht angebracht ist, hierin Vorsicht anzurathen. Veranlassung dazu giebt ein specieller Fall. Kürzlich wurde der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt eine mit Gradteilung versehene Compassbussole zur Untersuchung zugesandt, deren Magnetnadel ihre Richtung gegen den magnetischen Meridian beim Drehen der Bussole um ihre Axe änderte. Wurde nämlich die Bussole um 90° gedreht, so dass man zuerst die angegebene NS-Richtung und dann die OW-Richtung in den magnetischen Meridian brachte, so verschob sich die Richtung der Magnetnadel um volle 8°.

Dass der Fehler nur eine Folge der Vernickelung war, ergab sich daraus, dass die Bussole nach Entfernung des vernickelten Gehäuses keine Unregelmässigkeit mehr zeigte, und dass sich das von der Nickelschicht befreite Gehäuse als eisenfrei erwies.

Nun war die Bussole allerdings stark vernickelt; doch auch schon sehr dünne Nickelschichten machen den vernickelten Gegenstand magnetisch, wie ein Versuch zeigte. Es wurde nämlich ein Stab von absolut eisenfreiem Messing mit einer ganz schwachen Nickelschicht überzogen, so dass das Messing noch deutlich durchschimmerte, und doch zeigte sich jetzt der Stab magnetisch. Auch einen ziemlich hohen Betrag der Magnetisierung scheint eine solche Nickelschicht schon durch das Vernickeln allein zu erreichen; denn die Wirkung des Versuchsstabes auf eine Magnetometernadel war nach kräftigem Magnetisieren nur dreimal so gross als die durch das Vernickeln allein erzielte.

Bei rohen Apparaten wird das Vernickeln naturgemäss nichts schaden; bei Apparaten aber, die zu genaueren Messungen dienen, wie Compassbussolen, Galvanoskopen für Isolationsprüfung u. s. w. wird man nach obigen Ausführungen von einer Vernickelung absehen müssen. Dies gilt besonders von allen denjenigen Apparaten, bei denen man bemüht ist, eisenfreies Material zu verwenden. *M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Heinrich Rudolf Hertz. Rede zu seinem Gedächtnis in der Sitzung der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 16. Februar 1894, gehalten von Max Planck. Leipzig, Joh. Ambr. Barth (Arthur Meiner), 1894. 23 S. M. 0,60.

Mit einer warmen Schilderung der Persönlichkeit des Frühverstorbenen ist hier eine klare Darlegung seiner Forschungsart und eine zutreffende Würdigung seiner epochemachenden Entdeckungen in mustergültiger Weise verbunden. Für die Psychologie des wissenschaftlichen Forschers überhaupt liefert die kurze Rede ungemein wertvolle Beiträge, die Beziehungen von Genie und Fleiss, von Verdienst und Glück, von wissenschaftlicher Logik und künstlerischer Phantasie werden neu und zum Teil überraschend beleuchtet. Jedem Fachgenossen kann die Lektüre des Schriftchens nur angelegentlich empfohlen werden. *P.*

Zur Erinnerung an Josef Stefan, K. K. Hofrath und Professor der Physik an der Universität in Wien. Von A. v. Obermayer, K. u. K. Oberst. Wien und Leipzig, Wilh. Braumüller 1893. 72 S. M. 1,40

Das kleine Schriftchen giebt den Inhalt zweier Reden wieder, welche zu Ehren des am 7. Januar 1893 verstorbenen österreichischen Forschers vor der chemisch-physikalischen Gesellschaft und dem elektrotechnischen Verein in Wien gehalten wurden. Es gewährt einen lehrreichen Einblick in den geistigen Entwicklungsgang Stefans und einen vollständigen Überblick über seine zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten über die Bewegung flüssiger Körper, Optik, Akustik, dynamische Gastheorie, Diffusion, Wärmelehre, Magnetismus und Elektricität. *H.*

Über die bewegende Kraft der Wärme von E. Clapeyron. Deutsch herausgegeben von Rudolf Mewes, Assistent a. d. Kgl. Techn. Hochschule zu Berlin. Berlin, A. Friedländer, 1893. 48 S. M. 1,60.

Sadi Carnots Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers sind heutzutage durch Herrn Professor Oswald *(Klassiker der exakten Wissenschaften No. 37)* bequem zugänglich geworden. Es ist daher mit Freuden zu begrüssen, dass auch die wichtige Abhandlung von Clapeyron durch die vorliegende Ausgabe in deutscher Sprache für wenig Geld zu erlangen ist. Der Ingenieur Clapeyron war der erste, der Carnots Grundgedanken klar erfasste und ihm die graphische Darstellung und analytische Form gab, welche im Wesentlichen heute noch üblich ist. Seine Abhandlung erschien zuerst 1834 im Journal de l'Ecole Polytechnique *(XIV 170)* und 1843 in Poggendorffs Annalen *(LIX 446)*. Sie übermittelte die Carnotschen Vorstellungen an Thomson und Clausius, die ihnen erst die gebührende Geltung in der Wissenschaft verschafften. — Die Übersetzung ist gut, der Druck aber nicht fehlerfrei. *H.*

Leitfaden der Chemie insbesondere zum Gebrauch an landwirtschaftlichen Lehranstalten. Von Dr. H. Baumhauer. I. Teil: Anorganische Chemie. Freiburg im Breisgau, Herder, 1892. Zweite Auflage. 32 Abb. 148 S. M. 1,50.

Dem Verfasser dürfte es gelungen sein, für den Schüler landwirtschaftlicher Lehranstalten ein Buch zu schreiben, welches derselbe mit bestem Erfolg benutzen kann. Mit kurzen, aber leicht fasslichen Worten werden in der Einleitung die Begriffe Atom, Molekül und chemische Affinität erörtert, nachdem zuvor das Wesen eines chemischen Prozesses gekennzeichnet, und das Gesetz der konstanten Proportionen aus einfachen Versuchen abgeleitet ist. Wie es für Schulen, in denen für den chemischen Unterricht nur eine beschränkte Zeit zur Verfügung steht, zu empfehlen ist, wird von dem Begriff des Äquivalentes eines Elementes ganz abgesehen, vielmehr wird zur Erklärung der konstanten Zusammensetzung einer chemischen Verbindung direkt der Atombegriff eingeführt. Erst nach der Behandlung der nichtmetallischen Elemente wird möglichst einfach auseinandergesetzt, wie man nach der Avogadroschen Regel aus dem Gasvolumgewicht das Molekulargewicht bestimmt, ferner mit Hülfe der quantitativen Analyse vergasbarer Verbindungen sowie nach dem Gesetz der gleichen Atomwärme das Atomgewicht ermittelt, und endlich aus der procentischen Zusammensetzung einer Verbindung die empirische Formel berechnet. Die übrigen Grundbegriffe Base, Säure, Salz u. s. w. werden an geeigneter Stelle eingeschaltet. Die Elemente sind in natürliche Gruppen geordnet. Obwohl der Verfasser entsprechend der Kürze der Zeit sich sehr beschränkt, hat er doch das Wichtigste aus dem weiten Gebiet in wenigen Seiten zusammengefasst, so dass der Schüler, wenn ihm im Unterricht die erforderlichen Experimente vorgeführt sind, ein abgeschlossenes Bild von dem Verhalten der bekannteren Elemente und ihrer hauptsächlichsten Verbindungen erhält. Die praktische Bedeutung derselben wird im Allgemeinen in ausreichender Weise hervorgehoben, ausführlicher aber wird auf diejenigen Stoffe

hingewiesen, welche für die Pflanzen- und Tierwelt in Betracht kommen. Auf die Krystallformen, die nur von ganz bekannten Körpern angegeben werden, wird nicht näher eingegangen.

Es ist nicht immer leicht, in einem kleinen Lehrbuch den Stoff so darzustellen, dass den Fortschritten der Wissenschaft vollkommen Rechnung getragen wird. Jedoch hat der Verfasser die Neuerungen meistens in geschickter Weise berücksichtigt und correkt dargestellt. Nur wenige sachliche Ungenauigkeiten, die sich in einer neuen Auflage leicht beseitigen liessen, sind dem Referenten aufgefallen. So ist dem allgemein angenommenen unitaristischen Salzbegriff zuwider die alte dualistische Bezeichnungsweise der Salze beibehalten. Der Passus über die Wertigkeit S. 18 ist zu allgemein gehalten, da von dem Wechsel der Valenz ganz abgesehen wird. Die S. 32 aufgestellte Gleichung der Zersetzung des Eisenvitriols dürfte mit den in der Technik verlaufenden Processen der Darstellung der rauchenden Schwefelsäure nicht übereinstimmen, da die thönernen Retorten mit verwittertem Vitriol, der eine grössere Ausbeute von SO_3 ergiebt ($Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 3\,SO_3$), beschickt werden. S. 34 wird die Schwefelsäure die stärkste Säure genannt, was mit den neueren Forschungen über die Avidität der Säuren nicht im Einklang ist. Über die Bildung des Chlorkalks existieren verschiedene Meinungen, so dass die S. 104 angegebene Gleichung fraglich ist. Das Verhalten des Nickels gegen Salzsäure und Schwefelsäure ist S. 133 unrichtig angegeben, da die Löslichkeit desselben in den verdünnten Säuren nur unbedeutend ist. S. 130 vermisst man eine Bemerkung über das Anlassen des glasharten Stahls, und S. 134 ist die praktische Verwendung des Mangans ausser Acht gelassen.

Obwohl der Leitfaden nur für landwirthschaftliche Lehranstalten bestimmt ist, wäre es zu wünschen, dass er allgemeinere Verbreitung fände. Würde der Verfasser in der nächsten Auflage noch die Elemente der Krystallographie kurz erörtern, sowie noch ein wenig mehr auf die Technologie eingehen und eine grössere Zahl von Abbildungen aus diesem Gebiet dem Text hinzufügen, so wäre das Buch auch für die höheren Schulen mit einem einjährigen chemisch-mineralogischen Kursus wohl zu empfehlen. *R. Lüpke.*

Leitfaden für den mineralogisch-chemischen Anfangsunterricht auf höheren Schulen. Von Dr. Max Franke. 138 Fig. Ferdinand Hirt, Breslau. 87 S. M. 1,—.

Auf den ersten 24 Seiten werden die Grundlehren der Krystallographie und die wichtigsten Formen der sechs Krystallsysteme, die nach Weiss bezeichnet werden, erörtert. Der Stoff ist sehr geschickt der induktiven Methode gemäss geordnet, insofern von natürlichen oder künstlichen Krystallen sowie von Modellen ausgegangen wird. Durch Fragen, die dem Text eingeschaltet sind, und durch Aufgaben, die beigefügten Figuren von Krystallkombinationen zu deuten, wird der Schüler stets zum Nachdenken angeregt. Dann folgen, nachdem die Steinkohle und der Schwefel für sich behandelt sind, die Mineralien in der bekannten Anordnung der Sulfide, Haloidverbindungen, Oxyde, Karbonate, Sulfate, Phosphate und Silikate. Hierbei wird die Krystallographie vorwiegend ins Auge gefasst und durch eine grosse Zahl von Figuren veranschaulicht. Die Formen, in denen ein Mineral auftritt, werden verhältnismässig zu ausführlich erörtert, und daher sehr viele mineralogische Namen eingeführt. Soweit die Mineralogie in Betracht kommt, werden an geeigneter Stelle den induktiven Grundsätzen gemäss die betreffenden Begriffe, wie Härte, Heteromorphie, Verwitterung u. s. w. auseinandergesetzt. Auch ist anzuerkennen, dass die Geologie gehörig berücksichtigt wird, indem der Verfasser auf die Bildung der Steinkohlen, die Erscheinungen des Vulkanismus, die geologische Thätigkeit des Wassers, sowie die Entstehung der Gebirge eingeht.

Dagegen wird die Chemie in durchaus ungenügender Weise behandelt. Im Anschluss an die betreffenden Mineralien werden einige Schwefel- und Sauerstoffverbindungen dargestellt, und mittels des Lötrohrs einige Reduktionen vorgenommen, denen eine kurze Charakteristik der Metalle folgt. An verschiedenen, nicht immer glücklich gewählten Stellen werden die chemischen Grundbegriffe angeführt, und einige chemische Verbindungen, wie Wasser und Kohlensäure, kurz besprochen. Es muss dem Schüler schwer fallen, aus dem so zerstreuten Material sich eine Vorstellung von dem Wesen eines chemischen Vorgangs, geschweige denn ein Gesamtbild der wichtigsten chemischen Erscheinungen zu machen. Wie leicht es sich der Verfasser macht, die Begriffe Atom und Molekül zu erklären, geht daraus hervor, dass er auf S. 49 aus dem Ergebnis der Elektrolyse des Wassers ohne weiteres auf die chemische Formel H_2O schliesst. Während das Vorkommen des Gipses und Anhydrites eingehend angegeben wird, werden Eisen- und Kupfervitriol mit zwei Reihen erledigt. Auf S. 28 wird das durch Verbrennung des Schwefels entstehende, als schweflige Säure bezeichnete Schwefeldioxyd erwähnt, und erst auf S. 67 wird die Schwefelsäure genannt, und von ihr nichts weiter gesagt, als dass sie im Gips enthalten und

eine höhere Oxydationsstufe der schwefligen Säure sei. Die Molekularformeln, für deren Verständnis der Schüler nach Einführung des Atom- und Molekülbegriffs vorbereitet sein sollte, werden nur in seltenen Fällen angegeben, nicht einmal für die bekanntesten Verbindungen, wie Schwefelsäure und Salpetersäure, selbst nicht für die einfach zusammengesetzten Mineralien. Von der Soda wird beiläufig angeführt, dass sie sich mit Quarz zusammenschmelzen lasse, und auf S. 71 liest man weiter, dass der Quarz mit wenig Soda zusammengeschmolzen das Glas bilde! Dass die Technologie wenig berücksichtigt wird, ist aus obigen Beispielen genügend zu erkennen. Im ganzen Buch sind nicht mehr als drei Abbildungen aus diesem wichtigen Gebiete der Chemie zu finden, während auf die Krystallformen der Zeolithe allein fünf Figuren kommen. Auch begegnet man einer grösseren Zahl von Ungenauigkeiten und Fehlern, von denen noch einige Beispiele genannt sein mögen. So soll der Anthracit (S. 26) metallischen Glanz haben. Nach dem Wortlaut (S. 28) wäre die Verwendung des Schwefels zum Schwefeln der Weinfässer seiner leichten Entzündlichkeit zuzuschreiben. Nach S. 31 soll der Schwefelwasserstoff mit gelblicher Flamme brennen. Das Blei soll nach S. 35 zur Herstellung von Krystallglas dienen. Von dem Kochsalz wird S. 43 gesagt, dass es gebirgsbildend vorkomme. Auf S. 60 wird den Sauerstoffverbindungen der Nichtmetalle, die als Säuren bezeichnet werden, allgemein ein saurer Geschmack zugeschrieben.

Nach dem Vorwort hat der Verfasser den vorliegenden Leitfaden für den mineralogisch-chemischen Anfangsunterricht auf höheren Schulen bestimmt. Das Buch dürfte demgemäss zunächst für die Unter-Sekunda der Realgymnasien und Ober-Realschulen in Betracht kommen, da auf den Gymnasien und Realschulen für den Unterricht in der Chemie und Mineralogie überhaupt nicht mehr als ein Jahr zur Verfügung steht. Indessen kann das Buch seinem Inhalte nach, der eine Combination der Chemie und Mineralogie sein soll, für keine dieser Anstalten geeignet erscheinen, denn von den 87 Seiten sind mindestens vier Fünftel der Mineralogie, und nur ein Fünftel der Chemie zugewendet, während die neueren Lehrpläne verlangen, dass den Schülern ein möglichst abgerundetes Bild der wichtigsten Abschnitte der Chemie gegeben, und dass die Mineralogie im Anschluss daran möglichst kurz behandelt werden soll.

R. Lüpke.

Programm-Abhandlungen.

Materialien für den chemischen Unterricht. Vom Oberlehrer Albert Mührer. König Wilhelms-Gymnasium zu Stettin. Ostern 1893. Progr.-No. 146. 18 S.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, aus der gewaltigen Fülle des chemischen Unterrichtsstoffes eine Auswahl für die Unter-Secunda des Gymnasiums zu treffen, wie sie den Anforderungen der „Lehrpläne und Lehraufgaben von 1891“ entspricht. Als Ausgangspunkt wird mit Recht das Verhalten der Metalle zum Schwefel und zur atmosphärischen Luft gewählt. Hieran schliesst sich die Behandlung des Sauerstoffs und des Oxydationsprocesses. An den Verbrennungsvorgang werden Versuche über die Eigenschaften des Kohlenstoffs, sowie Mitteilungen über die Rolle desselben in der organischen Natur, über die Reduktion und über die technische Gewinnung der Metalle geknüpft. Nachdem an passender Stelle das Gesetz der constanten und multiplen Proportionen sowie eine Einführung in das Verständnis der chemischen Zeichensprache gegeben worden ist, folgen die ternären Verbindungen, zunächst die Hydroxyde und Säuren im Anschluss an die schon bekannten Oxyde, hernach die Salze, welche allerdings in schwerfälliger Weise als Produkte der Einwirkung von Säuren auf Metallhydroxyde definiert werden. Auch Angaben über die Bedeutung der Silicate für den Aufbau der festen Erdrinde sowie über die wichtigsten den Körper der Lebewesen zusammensetzenden Verbindungen fehlen nicht. Schliesslich sei bemerkt, dass der Verfasser seine Aufgabe in durchaus sachgemässer Weise gelöst und überdies manchen nützlichen Wink über die anzustellenden Versuche gegeben hat. Jedoch ist die Abhandlung nicht frei von einigen Ungenauigkeiten. So wird gesagt, dass „jeder chemische Process“ mit einer Wärmeentwickelung verbunden sei, dass „nicht nur in der Flamme des Leuchtgases, sondern auch in jeder anderen Flamme“ Wasser als Verbrennungsprodukt gebildet werde u. s. w. Ferner wäre es wohl correkter, den Zucker nicht als einen organisierten, sondern als einen organischen Stoff und die Verbrennungsprodukte von Schwefel und Kohlenstoff nicht als Säuren, sondern als Säureanhydride zu bezeichnen.

J. Schiff.

Versammlungen und Vereine.

Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik.

Die Generalversammlung der Vereinigung fand in der Zeit vom 8. bis 10. Oktober 1893 zu Münster in Westfalen statt. Herr Plassmann berichtete über die Arbeiten der dritten Gruppe der Vereinigung, welche sich hauptsächlich mit den Schwankungen des Sternlichtes beschäftigt. — Herr Foerster trug über Sternschnuppen und Meteore vor. — Derselbe gab einen Überblick über einige Ergebnisse der Erdstromforschung. — Herr Neumayer ergänzte diese Mitteilungen und verlangte eine nach festen Grundsätzen angeordnete Verteilung magnetischer Warten über die Erde und eine internationale Organisation der erd- und kosmisch-magnetischen Forschung (vgl. *diese Zeitschr. VII 154*). — Herr Killing trug über den Raumbegriff (nichteuklidische Geometrie) vor. — Herr Plassmann sprach über Milchstrassenzeichnungen und Sternzählungen und Herr Busch über die Polarisation des zerstreuten Himmelslichtes. — Herr Neumayer wies auf den von ihm vor vielen Jahren construierten Meteorographen hin. — Herr Foerster macht einige Mitteilungen über die Lagenänderungen der Erdaxe im Erdkörper. — Herr Schleyer hielt einen Vortrag über den Bau von Sternwarten.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 20. November 1893. Herr R. Heyden zeigte, wie man mittels einer Lochcamera die geradlinige Fortpflanzung des Lichts nachweisen und wie man diese Vorrichtung als Photometer benutzen könne. Ferner demonstrierte er eine von dem Mechaniker Herbst ausgeführte Bogenlampe, die durch die Hand mittels Zahn und Trieb reguliert wird. Mit dieser Lampe führt er einige Versuche aus der Optik vor.

Sitzung am 4. Dezember 1893. Herr P. Kindel hielt einen Vortrag über die Katakaustiken der Hohlspiegel, in dem er eine Reihe von Sätzen und Constructionen auf einfache Weise herleitete. Herr R. Heyne hatte beobachtet, dass zwei gleiche Stimmgabeln nicht so gut resonierten, wenn beide auf dem Tische standen, als wenn die eine davon in der Hand gehalten wurde. Herr G. Krech führte einen ähnlichen Fall an, der durch hart gewordene Gummischläuche an der Unterseite des Resonanzkastens verursacht wurde. Herr R. Heyne machte eine Bemerkung über den Anblick, welchen die zunehmende Mondsichel einem Beobachter auf dem Äquator bietet.

Sitzung am 15. Januar 1894. Herr H. Hahn trug über einige neue Apparate und Versuche aus der Wärmelehre vor. Derselbe legte Proben von Wellblechnägel vor. Herr P. Kindel bestimmte auf geometrischem Wege das Bild eines leuchtenden Punktes, der sein Licht durch eine planparallele Platte oder ein Prisma sendet, und leitete einige neue Sätze und Constructionen für die beiden Probleme her.

Sitzung am 3. Februar 1894. Herr P. Szymański demonstrierte den Apparat für Drehfeldversuche von Weinhold (vgl. *diese Zeitschr. VI 7*). Derselbe zeigte die Bewegung einer schwimmenden Magnetnadel in der Richtung der Kraftlinien eines magnetischen Feldes (vgl. *diese Zeitschr. VII 136 u. 155*). Derselbe hielt einen von vielen Versuchen begleiteten Vortrag über die Spannung in offenen und geschlossenen galvanischen Elementen. Herr G. Krech legte eine Sammlung von Kubikcentimetern verschiedener Metalle und eine Sammlung von Metallstäben gleichen Durchmessers und gleicher Masse vor. Beide Sammlungen sind von Leppin & Masche zu beziehen.

Sitzung am 12. Februar 1894. Herr P. Spies hielt einen Vortrag über die Herstellung von Glühlampen mit Versuchen und Demonstrationen. Derselbe erläuterte die Bogenlampe von Hrabowsky. Derselbe führte Versuche mit der Rijckeschen Röhre vor. Derselbe legte eine von Müncke bezogene Tafel mit Blechstreifen von gleicher Masse und Breite zur Veranschaulichung der specifischen Gewichte vor. Derselbe demonstrierte den Spannungsabfall in langen Drähten und die Kraftlinien von Spulen, die auf Eisenstäben oder Eisenringen bewegt wurden.

Sitzung am 26. Februar 1894. Herr Koppe führte einen von Exner angegebenen Versuch über Thermoelektricität vor. Derselbe demonstrierte ein vom Glasbläser Stuhl angefertigtes Modell einer Wasserheizung. Derselbe zeigte in einem längeren durch neue Apparate und Versuche unterstützten Vortrage, dass der Strom einer Warmwasserheizung ein Analogon zu dem elektrischen Strom sei. Derselbe zeigte ferner noch die Wasserzersetzung mit der Holtzschen Maschine (vgl. *diese Zeitschr. I 171*) und nach dem Vorgange von Weinhold (*D. 586*) die Dampfelektricität, die beim Leidenfrostschen Phänomen entsteht.

Sitzung am 12. März 1894. Herr K. Geissler hielt einen Vortrag über Wellenbewegung insbesondere über Interferenzerscheinungen, bei dem er mit ganz einfachen Vorrichtungen zahl-

reiche Versuche vorführte. Herr O. Reichel sprach über die Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel aus der Curve, welche die feste Stimmgabel auf einer an vier Fäden aufgehängten, schwingenden, berussten Tafel aufzeichnet.

Correspondenz.

Mit der 66. Versamlung deutscher Naturforscher und Aerzte, welche Ende September 1894 in Wien stattfindet, wird eine Ausstellung von Gegenständen aus allen Gebieten der Naturwissenschaft und Medicin verbunden sein, zu deren Beschickung hierdurch eingeladen wird. Anmeldungen sind bis 20. Juni an das „Ausstellungscomité der Naturforscherversammlung (Wien, I. Universität)" zu richten, von welchem die Anmeldungsscheine, Ausstellungsbestimmungen und alle Auskünfte zu erhalten sind.

Auf die Beurteilung der Schulphysik von Trappe in *dieser Zeitschrift* (*VII 147*) hat der Bearbeiter der neuesten Auflage folgende Entgegnung übersandt:

Die im dritten Hefte erschienene Besprechung der *Schulphysik von Albert Trappe* enthält nach meiner Überzeugung so viele sachlich nicht begründete Vorwürfe, dass ich mich zu einer Erwiderung genötigt sehe. Um aber alles Subjektive möglichst zu vermeiden, beschränke ich mich auf die sachlichen Bedenken, die in dieser Besprechung geltend gemacht werden, und stelle ihnen die sie aufhebenden Sätze aus Trappe wörtlich gegenüber. Der Kürze halber gestatte man mir die Bezeichnungen *M.* und *T.*

M.: Beim Wurf von zwei Kräften zu sprechen . . . . müssen wir für veraltet erklären. *T. § 33:* Wir wollen die Bewegung des geworfenen Körpers erst von dem Augenblicke an untersuchen, wo die Schwerkraft zu wirken aufhört. Die Wurfkraft erteile ihm eine Geschwindigkeit von *c* Metern. Um jedes Misverständnis auszuschliessen, wiederholt Trappe diese wichtige Voraussetzung im Eingange der *§§ 34* und *35*. Es wird also drei Mal hervorgehoben, dass die Wurfkraft nur die Anfangsgeschwindigkeit hervorbringt, dass aber während des Wurfes nur die Schwerkraft wirkt. Die in der Besprechung citierte Stelle S. 60: „Das Beharrungsvermögen vertritt hier die Stelle der horizontalen Wurfkraft" ist richtig, da das Wort „hier" sich auf den Scheitel der parabolischen Bahn bezieht, und da in der That sich von dort aus der Körper genau so weiter bewegt, als hätte ihm eine horizontale Wurfkraft eine gewisse Anfangsgeschwindigkeit erteilt. Ferner ist die erste und notwendige Bedingung für das Entstehen des „Wurfes" die, dass ein Körper durch eine äussere Kraft getrieben und beschleunigt wird, bis er die sogenannte Anfangsgeschwindigkeit erreicht hat. Darum muss meines Erachtens die Wirkung der „Wurfkraft" an die Spitze gestellt werden. Bewegt sich der Körper, nachdem er jene Anfangsgeschwindigkeit erreicht hat, *t* Secunden weiter, so erreicht er denselben Punkt, als ob er 1. *t* Secunden blos der Trägheit, 2. weitere *t* Secunden blos der Schwerkraft unterworfen wäre. Im Schlusse der Theorie ist der erste Teil der Bewegung noch als „Wirkung" der Wurfkraft bezeichnet. Dieser Ausdruck ist vielleicht nicht glücklich gewählt.

M.: Die Entwicklung der Pendelgesetze wird . . . . . der einfachen harmonischen Bewegung untergeordnet. *T. § 38:* Die Projektion des im Kreise gleichförmig laufenden Punktes hat also genau dieselbe Geschwindigkeit wie das Pendel.

M.: „Den wissenschaftlichen Wert des Hodographen wird übrigens niemand zu würdigen vermögen, der ihn nur bei kreisförmiger Centralbewegung in Anwendung sieht". Gerade darum wird der Hodograph bei der kreisförmigen Bewegung von *T.* überhaupt nicht erwähnt, sondern erst bei der elliptischen Planetenbewegung eingeführt. Es wird bewiesen, dass bei dieser der Hodograph ein Kreis ist, und dieser wird durch seinen Mittelpunkt und einen Punkt seines Umfangs bestimmt.

M. bemängelt die blosse Einführung des Namens „Potentialunterschied". *T. § 172:* Der am Condensator messbare Unterschied in den elektrischen Zuständen beider Pole heisst deren Potentialunterschied. Das Potential als eine Arbeitsgrösse zu definieren, ist für den Anfang nicht möglich. Denn diese Definition setzt den Nachweis voraus, dass auf jedem Wege die geleistete Arbeit dieselbe (q/r) ist, wenn nur Anfang und Ende des Weges bestimmt gegebene Punkte sind. Dieser Nachweis ist aber gewiss nicht so leicht, dass man mit ihm beginnen könnte. Lässt man ihn fort (oder führt ihn nur für die gerade Linie), so ist die Definition erschlichen.

M.: Der Anfänger wird zu der unrichtigen Ansicht verleitet, dass jede zusammengesetzte Flüssigkeit elektrolysierbar ist. *T. § 179:* Chemisch reines Wasser leitet den Strom nicht. Einige Tropfen Schwefelsäure . . machen es leitend und also zersetzbar. Zum Überflusse sagt noch *§ 180:* Strenggenommen dürfte man von einer Elektrolyse des Wassers nicht reden . . . .

M.: Der Hoffmannsche Apparat hat nicht nur den Zweck, die Jonen getrennt zu liefern. Die beiden falschen Wörter „nur" und „Zweck" stehen nur in der Besprechung, nicht bei *T.*

M.: Eine Molekel Wasserstoff ist H_2. *T. S. 16.:* Die Molekel eines chemisch einfachen Körpers . . besteht . . in der Regel aus zwei Atomen. Trotzdem werden freilich dem allgemeinen Gebrauche entsprechend Atomgleichungen zugelassen.

M.: Der letzte Absatz auf *S. 269* ist eine arge Verwechselung von Demonstration und Induktion. Diese Stelle lautet: „Die Isogonen gehen alle sowohl durch die magnetischen wie die astronomischen Pole; denn, wie sich leicht am Globus zeigen lässt, haben die Punkte eines beliebig kleinen um einen Pol gezeichneten Kreises alle möglichen Deklinationen". Hiernach hat der Lehrer am Globus zu demonstrieren, dass an den astronomischen Polen jede beliebige wagerechte Richtung als Nordrichtung bezeichnet werden kann, weil dort alle Meridiane zusammentreffen. Die Magnetnadel mag also eine Richtung haben, welche sie wolle, sie hat sicher dort eine Deklination von 0°, 10°, 20°, oder welche man immer wolle. Folglich gehen alle Isogonen durch die geographischen Pole. Ein entsprechender Schluss gilt für die Magnetpole der Erde, weil hier jede wagerechte Richtung als Richtung der Deklinationsnadel gelten kann. Wo soll nun in dieser Schlusskette Demonstration und Induktion verwechselt sein?

M.: Nicht jede Orgelpfeife ist eine Lippenpfeife. *T. § 78:* Zungenpfeifen. Hinsichtlich der Obertöne sagt *T. § 79:* Die Streichinstrumente haben darum einen so scharfen Klang, weil bei ihnen die obersten und unter sich dissonierenden Obertöne besonders stark mitklingen. Der musikalische Klang wird von Trappe (nach Helmholtz *Tonempfindungen S. 127*) durch die harmonischen Obertöne charakterisiert, die also dem Fourierschen und dem Ohmschen Satze entsprechen. Solche Klänge, deren Nebentöne unharmonisch zum Grundtone sind, können nicht zu den musikalischen Klängen gerechnet werden (*a. a. O. S. 120*). Mit Recht werden sie darum von Trappe gar nicht erwähnt.

M.: „Die Ausdrucksweise in *§ 69*, die noch dazu stereotyp ausgesprochen (!) erscheint in dem Satze: „Feste Körper erzeugen ein Echo" . . . Sollte nicht der tadelnde Ausdruck zum getadelten ungefähr im Verhältnis des Balkens zum Splitter stehen"? *M.:* Es sollte vielmehr angedeutet sein, dass auch von einer Wasserfläche eine Schallwelle reflektiert werden kann. *T. S. 135* „sogar Wolken können ein Echo erzeugen". *Prof. Dr. P. Kindel, Berlin.*

Von Herrn Eduard Maiss ist darauf nachstehende Erwiderung eingegangen:

Die vorstehende „Entgegnung" vermag an unserem Urteile über *Trappe-Kindels Schulphysik* nichts zu ändern. Dem in der „Entgegnung" erhobenen Vorwurfe „sachlich nicht begründeter" Bemängelungen in unserer Besprechung des genannten Buches haben wir im einzelnen folgendes entgegenzuhalten.

Wir halten es für einen didaktischen Fortschritt, dass neuestens immer mehr die phoronomische und die dynamische Seite einer Bewegung auseinandergehalten werden, dass also beim Wurf zunächst nur von der gleichförmigen und der gleichmässig beschleunigten Bewegung gesprochen und nach der resultierenden Bewegung gefragt und dass erst dann, mehr nebenbei, erörtert wird, wie das Projektil zu der constanten Geschwindigkeit gekommen sei, bezw. mit wachsender Geschwindigkeit sinke. Einer solchen Behandlung des Wurfproblems gegenüber erscheint uns die Ausdrucksweise „das Beharrungsvermögen vertritt hier die Stelle der horizontalen Wurfkraft" (*S. 60*), die Ergebnisse der beiden zusammenwirkenden Kräfte, nämlich Wurfkraft und Schwerkraft, sind dieselben, als ob die beiden Kräfte nach einander gewirkt hätten" (*S. 61*) u. a. nicht passend, sie schliessen sich Anschauungen — Momentankraft als Ursache constanter Geschwindigkeit — an, welche über Bord geworfen sind, und berechtigen zu der Charakterisierung als veraltete Lehrweise.

Auch die immer allgemeiner üblich werdende Ableitung der Pendelgesetze für kleine Schwingungsweiten aus den einfachen und fundamentalen Gesetzen der Sinusschwingungen rechnet Referent zu den didaktischen Fortschritten der neuesten Zeit und musste deshalb die gekünstelte mathematische Deduktion der Formel für die Schwingungsdauer eines mathematischen Pendels, wie alle ähnlichen, abweisen. Die Bemängelung bezog sich übrigens nicht darauf, dass ein Hinweis auf die Analogie der Pendel- und Sinusschwingungen versäumt worden sei.

Bezüglich des Hodographen ist in unserer Besprechung nicht übersehen, sondern genau gesagt worden, wo derselbe incognito und wo er mit vollem Namen auftritt. Angewendet erscheint er wohl bei der kreisförmigen Centralbewegung (*S. 75*), wo seine Würdigung eben noch nicht möglich ist, nicht aber dort, wo er vollgewichtig und wohldefiniert eingeführt ist

In *Fig. 51* ist nur ein einziger Punkt (*H*) desselben bestimmt, da dies für die Definition hinreicht. Für die Wichtigkeit des Hodographen hier wieder blos mit seiner Definition zu plaidieren, dürfte aber ebenfalls aussichtslos sein.

Der Unterschied in den elektrischen Zuständen zweier Stellen eines elektrischen Feldes — und diese müssen nicht Pole eines galvanischen Elementes sein — muss durch eine Arbeit gemessen werden, dann erst kann mit diesem Unterschied gerechnet, dann erst kann der allgemeinere Begriff der elektromotorischen Kraft einer Stromquelle, einer elektromotorischen Gegenkraft bei einer Polarisation oder Induktion verständlich, dann erst kann das allgemeine Ohmsche Gesetz begründet werden. Ohne Aufdeckung seiner mechanischen Bedeutung bleibt „der am Condensator" — soll besser heissen: an einem hinreichend empfindlichen Elektrometer — „messbare Unterschied in den elektrischen Zuständen beider Pole" eine elektrische Differenz, und Potentialunterschied ist lediglich ein anderer Name für den nicht tief genug fundierten Begriff. Der in der „Entgegnung" vorgebrachte Einwand der Schwierigkeit einer angemessenen Einführung des Potentialbegriffes ist an sich nicht stichhaltig, da der dort geforderte Nachweis gar nicht wichtig jedenfalls aber ganz elementar zu erbringen ist; übrigens trifft dieser Einwand gar nicht den Streitpunkt, da ja in der Besprechung des Lehrbuches die Einführung des Potentials gar nicht urgiert sondern lediglich bemängelt worden ist, dass ein neuer Name ohne neue Präcisierung des Begriffes ins Buch aufgenommen worden ist.

Sätze, wie: „Feste Körper erzeugen ein Echo" (*S. 132.*) — „Jede vom galvanischen Strome durchflossene, zusammengesetzte Flüssigkeit wird zersetzt" (*S. 293*) — sind geeignet, den Schüler, indem sie ihn an grammatische Regeln erinnern, irrezuführen. Der Physiker wird wohl nicht hineinlesen: Nur feste Körper, er wird bezw. nicht übersehen, dass „jede" beschränkt ist durch die Bestimmung „durchflossene", wohl aber zeigt die tägliche Erfahrung, dass Schüler solches hineininterpretieren, bezw. übersehen, selbst wenn 12 Zeilen später eine (nichts weniger als augenfällige) Präcisierung folgt. Wir müssen deshalb hier nochmals eine Umstilisierung solcher Sätze in einer Neubearbeitung dringend anempfehlen. Ähnliches gilt von der Bemerkung über den Hoffmannschen Apparat. —

Ein Orgelwerk enthält Lippen- und Zungenpfeifen verschiedener Art; eine Orgelpfeife ist demnach entweder eine Lippen- oder eine Zungenpfeife. Da nun in *§ 78* eine Lippenpfeife beschrieben ist, ohne dass dieser Name ihr gegeben, sondern nur von Orgelpfeife gesprochen ist, so erscheint allgemeiner und specieller Begriff verwechselt und unsere Bemängelung gerechtfertigt. — Ebenso liegt im *§ 79* (und zwar gleich zu Anfang des Paragraphen, nicht an der Stelle, welche die „Entgegnung" citiert!) eine Verwechslung von Obertönen und Tönen der harmonischen Reihe vor. In unserer Besprechung haben wir nun betont, dass nicht jedes musikalische Instrument als Obertöne die Töne der harmonischen Reihe giebt. Platten, Glocken, wie sie das Orchester gebraucht, geben beispielsweise neben dem Grundtone n Obertöne, welche gar nicht der Reihe $2n$, $3n$, $4n$, . . . angehören. Somit beweisen die „unter sich dissonierenden Obertöne" von Zungenpfeifen, sofern sie der harmonischen Reihe angehören, nichts gegen unseren Einwand, sofern sie aber dieser Reihe nicht angehören, rechtfertigen sie denselben.

Die Schreibung von einer Molekel statt zweier Molekel *JK*, *Cl Na* wollen wir als Geschmackssache betrachten; in Fällen von Vergleichung mehrerer gasförmiger Zersetzungsprodukte verschiedener Valenz in hintereinandergeschalteten Zellen dürfte freilich der Volumverhältnisse wegen die letztere Schreibung vorzuziehen sein.

Die Isogonen sind Linien, deren Verlauf sich nur erfahrungsmässig feststellen lässt; sie sind geradezu ein Mittel, Gesetze über das magnetische Verhalten der Erde zu finden. An einem Globus lässt sich somit der Verlauf dieser Linien, bezw. die Deklination an einem Punkte der Erdoberfläche nicht „demonstrieren". Der Verlauf der Isogenen wird deshalb auf magnetischen Karten niemals über die Grenzen der bekannten Gebiete hinaus angegeben, auch die Karte *S. 268* des Trappeschen Buches, der übrigens die Jahreszahl fehlt, giebt sie nicht weiter an. Was nun die in der „Entgegnung" auseinandergesetzte zum mindesten überflüssige Demonstration an dem Globus soll, können wir nicht finden. Wenn eine Verwechslung von Induktion und Demonstration nicht vorliegt, wie wir anfänglich vermuteten, so scheint um so sicherer eine Verkennung des elementar-naturwissenschaftlichen Standpunktes hier vorzuwalten. Eine Umarbeitung des ganzen Absatzes über Erdmagnetismus erscheint uns nach wie vor wünschenswert und dabei wäre jedenfalls auch auf eine bessere Übereinstimmung der Karten *S. 268* und *S. 269* zu sehen.

Balken und Splitter, als nicht zur Sache gehörig, mögen übergangen werden.

Prof. Dr. Eduard Maiss, Wien.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1894.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

Monatstag	Juli 5	10	15	20	25	30	August 4	9	14	19	24	29	
Heliocentrische Längen.	254°	268	282	297	313	332	353	18	46	78	108	137	☿
	10	18	26	34	42	50	58	66	74	82	90	98	♀
	283	288	293	298	302	307	312	317	322	327	331	336	♁
	321	324	327	330	333	336	340	343	346	349	352	355	♂
	77	77	77	78	78	79	79	79	80	80	81	81	♃
	205	205	205	205	205	205	205	206	206	206	206	206	♄
Aufst. Knoten.	5°	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	☾
Mittl. Länge.	131	197	263	329	395	101	167	232	298	4	70	136	☾
Geocentrische Rectascensionen.	139°	202	266	329	25	99	174	236	302	359	61	141	☾
	126	125	125	120	116	115	116	120	126	135	144	154	☿
	65	71	78	84	90	97	103	110	116	122	129	135	♀
	105	110	115	120	125	130	134	139	144	149	153	158	☉
	8	11	14	16	19	21	23	26	27	29	31	32	♂
	80	81	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	♃
	198	198	198	199	199	199	199	200	200	200	201	201	♄
Geocentrische Deklinationen.	+20°	−11	−28	−16	+13	+28	+ 4	−24	−25	− 1	+26	+19	☾
	+17	+16	+15	+16	+16	+18	−19	+19	+19	+18	+16	+13	☿
	+20	+21	+21	+22	+22	+23	+22	+22	+21	+20	+19	+18	♀
	+23	+22	+22	+21	+20	+18	+17	+16	+14	+13	+11	+ 9	☉
	+ 0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	+ 7	+ 8	+ 9	+ 9	♂
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	♃
	− 5	− 5	− 5	− 5	− 5	− 5	− 6	− 6	− 6	− 6	− 6	− 6	♄
Aufgang.	15h47m	15.52	15.58	16.5	16.12	16.20	16.28	16.36	16.44	16.52	17.1	17.9	☉
	19h43m	1.20	7.28	9.37	10.26	13.53	21.39	3.5	7.15	8.14	9.35	16.5	☾
Untergang.	8h22m	8.19	8.14	8.8	8.1	7.53	7 45	7.35	7.25	7.15	7.4	6.53	☉
	10h20m	11.19	13.33	19.31	0.33	7.15	9.4	10.15	14.48	21.4	2.35	6.42	☾
Zeitgleichg.	+4m20s	+5.7	+5.44	+6.7	+6.17	+6.13	+5.54	+5.19	+4.30	+3.27	+2.13	+0.18	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Juli	2	18h	39m	Neumond	August	1	1h 18m Neumond
„	3	3		Mond in Erdnähe	„	7	22 59 Erstes Viertel
„	9	11	9	Erstes Viertel	„	13	8 Mond in Erdferne
„	17	4		Mond in Erdferne	„	16	2 11 Vollmond
„	17	10	56	Vollmond	„	23	18 33 Letztes Viertel
„	25	10	1	Letztes Viertel	„	28	20 Mond in Erdnähe
„	31	12		Mond in Erdnähe	„	30	8 58 Neumond.

Constellationen. Juli: 1 10h ♃ ☌ ☾; 2 18h ☉ in Erdferne; 4 4h ☿ ☌ ☾; 5 18h ☿ in Sonnenferne; 9 16h ♄ ☌ ☾; 10 15h ♄ □ ☉; 19 21h ♀ ☌ ♃; 20 11h ☿ untere ☌ ☉, wird Morgenstern; 24 12h ☌ ☌ ☾; 26 5h ♀ in Sonnennähe; 29 5h ♃ ☌ ☾; 29 20h ♀ ☌ ☾; 30 22h ☿ ☌ ☾. — August: 6 2h ♄ ☌ ☾; 8 18h ☿ in grösster westlicher Elongation; 18 17h ☿ in Sonnennähe; 21 17h ☌ ☌ ☾; 25 22h ♃ ☌ ☾; 28 14h ♀ ☌ ☾; 30 2h ☿ ☌ ☾.

Meteore. Maxima Juli 6—8, 25—31; Perseiden in der ganzen ersten August-Hälfte, das Maximum Aug. 8—12 durch den Mondschein beeinträchtigt.

Das **Zodiakallicht** ist an den mondfreien Morgen, im Juli zwischen 14 und 15, im August zwischen 15 und 16h am Osthimmel zu beobachten.

Die Milchstrasse in der Gegend der Sternbilder *Aquila*, *Serpens*, *Scutum*, *Sagittarius* bildet im Hochsommer ein interessantes Objekt für Beobachter, die mit guten Augen ausgerüstet sind und freie, nicht durch künstliches Licht verdorbene Aussicht nach Süden haben. Durch eine sorgfältige Feststellung der Umrisse der einzelnen Helligkeitsabstufungen würde man vielleicht zur Hebung der Widersprücke beitragen können, die zwischen den vorzüglichen Darstellungen von *Heis*, *Houzeau*, *Boeddicker* und *Easton* bestehen. Zum Einzeichnen empfiehlt sich *Messers* Atlas.

Veränderliche Sterne. Ein Algols-Minimum tritt ein August 13 13h. — Die Mitternachtsdämmerung erlischt am 26. Juli. Die Sterne β *Lyrae*, η *Aquilae*, ∂ *Cephei* sind abends zu beobachten.

J. Plassmann, *Warendorf.*

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.